Travail de Master pour l'obtention du titre Master of Science,

Unité « Sciences du Mouvement et du Sport »,

Département de médecine,

Université de Fribourg

Les dépenses énergétiques liées à l'activité physique chez les adolescents

Comparaison de la dépense énergétique estimée par l'Actiheart et celle estimée grâce à l'accélération de l'ActiGraph

Jessica Botter

Août 2013

Katarina Melzer

Urs Mäder

Table des matières

1 Résumé ... 3
2 Introduction ... 4
2.1 Introduction à la thématique ... 4
2.2 Contexte et situation initiale ... 7
2.3 But, question de recherche précise et hypothèse ... 19
3 Méthode ... 21
3.1 Sujets ... 21
3.2 Déroulement ... 22
3.3 Instruments utilisés ... 26
3.4 Sélection des données exploitables ... 28
3.5 Choix des équations pour les données de l'Actigraph ... 30
4 Analyses statistiques ... 31
5 Résultats ... 32
6 Discussion ... 36
6.1 Discussion des résultats ... 36
6.2 Discussion des différents choix ... 42
6.3 Points forts et limites du travail ... 45
6.4 Perspectives de nouvelles questions de recherche ... 47
7 Conclusion ... 48
8 Remerciements ... 50
9 Index des abréviations ... 51
10 Bibliographie ... 52

10.1 Articles..52

10.2 Livre et manuel..57

10.3 Sites internet..57

10.4 Figures..57

11 Liste des tableaux..58

12 Liste des figures..59

13 ANNEXES..60

13.1 Annexe I : Flyer de recrutement..60

13.2 Annexe II : Information écrite..61

13.3 Annexe III : Journal de Bord..65

13.4 Annexe IV : Déroulement de la semaine..66

13.5 Annexe V : Dossier aux participants..67

14 DÉCLARATIONS..74

14.1 DECLARATION DE L'AUTEUR..74

14.2 DECLARATION DE CESSION DES DROITS D'AUTEUR..74

1 Résumé

But: Le but de ce travail était de comparer deux différentes méthodes objectives visant à mesurer la dépense énergétique totale (TEE) et liée l'activité physique (AEE) chez les adolescents. Ont été mesurés donc : La méthode de l'Actiheart (moniteur combiné accéléromètre + cardio fréquencemètre) et la méthode de l'Actigraph (accéléromètre). Pour la méthode de l'Actigraph, ont été dérivées trois différentes équations publiées précédemment dans la littérature (Freedson et al., Trost et al., Schmitz et al.) afin d'estimer la dépense énergétique totale. **Méthode :** La TEE et l'AEE en environnement libre sur 7 jours ont donc été mesurés chez 62 sujets âgés de 12 à 14 ans. Seuls 26 sujets (41.9% du total) ont pu être comparés après « nettoyage » des données obtenues avec l'Actigraph. La comparaison s'est faite entre la TEE trouvée grâce aux trois différentes équations prédictives pour l'Actigraph et la TEE trouvée avec l'Actiheart. La méthode Bland-Altman a été utilisée pour vérifier les agréments entre les données. Un test T de Student apparié a été mené pour comparer les moyennes et trouver la significativité des différences. **Résultats :** Les résultats obtenus avec l'Actigraph et chacune des trois équations étaient agrées avec les résultats de l'Actiheart. Les différences de moyennes étaient par contre significatives pour deux des équations (Trost et Schmitz). En utilisant l'équation de Freedson avec l'Actigraph, les résultats sont pareils que ceux trouvés avec l'Actiheart.

2 Introduction

2.1 Introduction à la thématique

Ces dernières décennies, le surpoids et l'obésité ont augmentés de façon dramatique chez les enfants et les adolescents suisses, un phénomène se reflétant à l'échelle mondiale (19,20,36,42,60). Même si ce n'est pas une surprise que le monde occidental, souvent associé à la malnutrition et à l'addiction aux nouvelles technologies, se retrouve dans une telle situation, la rapidité de son évolution, elle, a bel et bien surpris. Les répercussions du surpoids telles que le diabète de type 2, l'hypertension, les maladies cardiovasculaires, l'arthrose, certains cancers et les divers problèmes psychosociaux sont bien connues (36,41) et ceci a poussé les chercheurs à se focaliser sur le besoin de comprendre les causes, les facteurs, la prévention et le traitement de cette maladie. Pour comprendre l'étiologie de cette pathologie, il est important de définir la contribution qu'ont la malnutrition et l'inactivité dans ce phénomène. Alors que les deux facteurs jouent forcément un rôle dans la maladie, et que cette situation découle d'un changement global de mode de vie, il n'est toujours pas clair, lequel a une plus grande influence.

D'après Livingstone, Molnár et Roemmich (37,40,46), il semblerait que l'inactivité soit bien l'acteur principal, et non l'apport énergétique. Cela reste tout de même encore à prouver. La seule certitude dans ce domaine reste que le surpoids est le résultat, à long terme, d'une balance positive dans l'équation de l'énergie chez l'homme. En effet, l'apport en énergie sera toujours égal à l'énergie dépensée et l'énergie stockée (40). Cela signifie que si la variable de l'apport énergétique augmente, qu'il n'y a pas une augmentation proportionnelle de l'énergie dépensée et vice versa, fatalement, l'énergie stockée augmentera. Si l'énergie stockée augmente, on se retrouve alors dans un cas de surpoids et puis très rapidement dans un cas d'obésité.

Même si aucune preuve évidente n'a pu être donnée à ce jour puisque les recherches à ce sujet ne datent que de quelques années, il y a clairement

d'indirectes évidences quant à l'inactivité croissante des adolescents (40). Comme le fait ce travail, se focaliser sur la variable de la dépense énergétique chez les enfants et les adolescents est donc devenu primordial afin de prévenir le surpoids, l'obésité, et avec eux les conséquences désastreuses qui en découlent sur la santé de nos jeunes.

La dépense énergétique totale d'un être humain englobe trois différents styles de dépenses énergétiques :

Tout d'abord il y a le métabolisme de base (BMR, engl. Basal Metabolic Rate), qui englobe les dépenses uniquement liées à la survie. Cette dépense est en fait la dépense minimum journalière qu'il faut à l'organisme pour maintenir les fonctions de base du corps humain au repos. Par exemple : pour que le cœur batte, le système respiratoire ne s'arrête pas, que la température du corps se maintienne ou que le cerveau fonctionne. Les valeurs du métabolisme de base pour des enfants de la tranche d'âge étudiée dans ce travail, se situent généralement entre 1200kcal/jours et 1600 kcal/jour si l'on prend l'exemple des conclusions de différentes études (46,50). Le BMR d'un adulte, d'un enfant, d'un adolescent, fille ou garçon, et dépendamment de nombreux facteurs physiologiques (29,63), diffère considérablement.

S'ajoute au BMR, la dépense énergétique liée à l'activité physique (AEE, engl. Activity Energy Expenditure), qui englobe les dépenses journalières lors d'efforts physiques. Par activité physique est considéré tous les mouvements accomplis en une journée, et non la pratique d'un sport en particulier. D'après le rapport de Hoos et al. (2003) (32) les différentes études ont montré que l'AEE moyenne pour les 12 à 14 ans se trouverait aux alentours de 700kcal-1000kcal /jour. Cela dépendant fortement du niveau d'activité physique individuel évidemment.

Enfin s'ajoute à la dépense énergétique totale, la thermogénèse (DIT, engl. Dietary Induced Thermogenesis), qui englobe les dépenses liées à la digestion. Elle est généralement considérée comme étant 10% de la dépense énergétique totale (63).

La dépense énergétique liée à l'activité physique (AEE), est certainement la variable ayant le plus d'influence sur la balance puisque les deux autres sont presque des constantes. La mesure de cette dépense énergétique totale et donc de celle liée à l'activité physique est une problématique complexe pour deux raisons :

Tout d'abord, les études déjà menées sur ce sujet sont unanimes sur le fait que les enfants ne dépensent pas l'énergie de la même manière qu'un adulte (18,29,32,46). En effet, le métabolisme de base ou la dépense à l'activité physique plus ou moins élevés suivant le genre, le stade pubertaire, la croissance, la taille et le poids d'un adolescent, sont autant de facteurs qui peuvent influencer la dépense énergétique. A ce jour, il n'y a donc presque rien de normalisé dans ce domaine et surtout en Suisse, où il n'y a même pas de base de données recensant les dépenses énergétiques des enfants et adolescents du pays.

Ensuite, les nombreuses études menées sur les moyens de mesurer la TEE et l'AEE ou de l'évaluer n'ont jusqu'ici révélé aucun moyen de mesure ou d'évaluation totalement fiable. Les moyens de mesure qui ont étés utilisés jusqu'ici pour les enfants comme pour les adultes sont très variés, et les seuls qui seraient assez fiables ne sont pas assez pratiques pour mesurer de grandes cohortes. Dans les études connues, les différents accéléromètres, les différents moniteurs avec fréquence cardiaque, la calorimétrie indirecte, l'eau doublement marquée, les questionnaires, les journaux de bords et l'observation ont été utilisés communément (40).

En Suisse, à Macolin (HEFSM), dans le cadre des recherches sur ce domaine, nous avons la chance de travailler avec l'Actiheart (accéléromètre et moniteur FC) et l'Actigraph GT3X (accéléromètre). Ce travail de recherche se focalise alors sur une comparaison des estimations de la dépense énergétique totale et celle liée à l'activité physique, données par l'Actiheart et obtenue grâce à l'accélération de l'Actigraph, chez les adolescents entre 12 et 14 ans.

2.2 Contexte et situation initiale

Les bases de données concernant les mesures de la dépense énergétique totale chez les adultes sont déjà bien étoffées et les études bien avancées concernant les accéléromètres (26,30,34,43,48,61,62) et les Actiheart (3,7,15). Les méthodes les plus utilisées et contrôlées dans les études sur les adultes, sont les accéléromètres (Actigraph, Actical, Actiwatch, et Trictrac R3D…) et les moniteurs combinés avec la fréquence cardiaque (Actiheart). Il a été prouvé, dans la littérature, la validité relative des accéléromètres pour mesurer l'accélération afin d'estimer la dépense énergétique totale et celle liée à l'activité physique chez les adultes (26,30,34,61,62) avec cependant certaines marges d'erreurs concernant entre autres les activités à haute intensité ou ne contenant aucun mouvement du bassin et donc de l'appareil en lui-même.

Comme les accéléromètres se portent sur la hanche, les déplacements tels le vélo, les activités à la station comme soulever des poids ou les activités assises comme les échecs, posent encore de légers problèmes quant à l'estimation de la dépense qui y est directement liée (Livre Van Praagh). Hendelman et al.(30) ont évalués la validité relative de l'Actigraph en utilisant la marche à l'extérieur et certaines activités de ménage ou récréatives, tandis que Welk et al.(61) l'ont testés sur un tapis en laboratoire avec une série d'exercices et Leenders et al.(34) avec une série d'activité sur 7 jours. Freedson et al.(26) ont pour leur part testé la validité relative de l'Actigraph avec trois différentes vitesses d'exercices en laboratoire sur un tapis roulant.

Tous ces exemples d'études sur les adultes montrent bien une validité relative, puisque leurs conclusions ne permettent pas de valider l'Actigraph pour les activités à haute intensité ou celles ne contenant pas de mouvement du bassin. Pour ce qui est de la méthode Actiheart chez les adultes, trois études (3,7,15) ont validé convenablement l'appareil, mais reste que, pour l'activité physique dans un environnement libre, il y aurait une surestimation (3) de la dépense énergétique. En

général, les conclusions de ces études et de celles qui comparent différentes méthodes avec l'Actiheart (52,53) mènent à dire qu'il reste encore un bon nombre d'investigations à faire dans ce domaine, surtout concernant la validation de la partie cardio fréquencemètre de l'appareil Actiheart.

Même si de nombreuses investigations restent à faire et sont faites chaque année dans ce domaine, beaucoup de chercheurs se tournent vers une problématique qui pourrait bien être à la base de plusieurs problèmes de santé publique. Suite à une augmentation de la prévalence de l'obésité chez les plus jeunes et tout en sachant qu'un enfant obèse le restera presque dans tous les cas à l'âge adulte (19), les recherches concernant les moyens de mesurer les dépenses énergétiques chez les enfants sont devenus prioritaires dans beaucoup de pays. L'article de Troiano et al. en 2005 (55) témoignait déjà à cette époque de l'augmentation colossale du nombre d'articles sur l'activité physique et l'accélérométrie et depuis 2005 cela n'a fait que de s'intensifier.

En effet, s'il est possible de sensibiliser ou cibler plus tôt les enfants qui sont préposés au surpoids ou à l'obésité, le problème à l'âge adulte devrait logiquement tendre à diminuer. L'inactivité due aux nouvelles technologies telles que les téléphones mobiles, les ordinateurs et les consoles n'est pas objectivement prouvée mais a été largement remarquée et décelée par les corps enseignants, médicaux, et scientifiques. Ces dernières années donc, tout en cherchant à améliorer la qualité et la quantité l'alimentation pour parer aux problèmes de surpoids, le corps scientifique s'est attelé à la lourde tâche de trouver des moyens objectifs, peu coûteux et fiables de mesurer l' (in)activité de la « génération internet ».

La recherche dans ce domaine est encore jeune et peine à trouver des réponses précises, puisqu'il est particulièrement compliqué de mesurer les mouvements spontanés et sporadiques d'un enfant si l'on veut éviter les méthodes coûteuses et extrêmement compliquée à mettre en place. L'objectif est en effet de pouvoir mesurer l'activité physique dans un environnement libre pour avoir un maximum de

données correspondantes à la vie normale d'un adolescent moyen et éviter de standardisé les activités en laboratoire avec des appareils désagréables à supporter.

Alors que le métabolisme de base peut être aujourd'hui mesuré précisément grâce à la calorimétrie indirecte (63) ou même évalué de manière plutôt précise grâce à l'équation de Schofield (50), les dépenses énergétiques liées à l'activité physique, elles, ne peuvent pas encore être mesurées objectivement avec une méthode accessible à tous. Les différentes méthodes d'évaluation de la dépense énergétique à l'activité physique connues et régulièrement utilisées dans les études concernant les adultes sont nombreuses et sont utilisables pour les mesures avec des enfants sous condition d'adapter certaines calibrations ou certaines variables. Toutes ont leurs forces mais aussi leurs limitations, qui d'après Scott et Crouter (17), seraient encore plus importantes lorsque l'on parle d'enfants.

Les premières méthodes que l'on rencontre dans les différentes investigations sont des moyens d' « auto »-évaluation peu précis tels que les questionnaires et les journaux de bord utilisés surtout dans le cadre des études à grande échelle, ou épidémiologiques. Ces méthodes ont l'avantage d'être peu coûteuses, mais ont aussi le grand désavantage de ne donner aucun résultat quant à l'intensité de l'activité physique (51). Un autre désavantage connu des chercheurs est que les enfants ont de grandes difficultés à se souvenir précisément et relater correctement l'activité physique qu'ils pratiquent, ce qui ne rend pas ces résultats aussi fiables que souhaité (51,63). Ces méthodes ne deviennent en fait efficaces et précises que lorsqu'elles sont combinées avec d'autres moyens de mesure tels que ceux qui seront mentionnés par la suite dans ce travail.

L'eau doublement marquée est une des méthodes bien connues et est aussi utilisée chez les adultes. Elle est considérée comme le « golden standard » pour déterminer la dépense énergétique totale en environnement libre (22). En résumé, c'est une technique qui utilise une certaine quantité d'eau contenant une certaine concentration de deux isotopes stables (Hydrogène ^{2}H et Oxygène ^{18}O) absorbée par un sujet puis mesurée à sa sortie de l'organisme. Plus précisément, les isotopes se

dispersent dans les liquides de l'organisme et ressortent sous forme d'urine, vapeur pulmonaire ou sueurs pour l'hydrogène marqué et sous forme de dioxyde de carbone pour l'oxygène marqué. Avec l'aide d'un spectromètre de masse on mesure alors la différence entre les taux d'élimination des deux isotopes et le niveau normal de la réserve de l'organisme. On peut ainsi définir la quantité de CO^2 produit par l'organisme durant l'expérience (63). Evidemment, les coûts des isotopes stables et la complexité de ses méthodes d'analyse ne permettent pas son utilisation pour de larges études. Sa précision lui vaut d'être toujours employée (en combinaison avec le BMR mesuré par calorimétrie indirecte) comme référence pour comparer avec des résultats concernant l'activité physique dans un environnement libre.

La calorimétrie indirecte est aussi une méthode de référence chez les enfants et les adultes. C'est en fait une analyse de l'apport d'O_2 et l'export de CO_2 lorsque le corps est au repos, mais reste éveillé. Les variations de ces deux gaz sont censées refléter le niveau d'activité du métabolisme de base (63). Cette méthode, comme celle de l'eau doublement marquée, est utilisée principalement pour valider les autres moyens de mesure de la dépense énergétique.

La mesure de la fréquence cardiaque est une méthode objective utilisée par les chercheurs. Elle ne mesure pas directement l'activité physique mais utilise la relation du stress cardio pulmonaire augmentant proportionnellement à la consommation d'oxygène. En effet si $FC=VO_2$ (63), pour une précision maximum, ceci doit être définis individuellement. Ceci s'applique surtout à l'intensité modérée, et dépend de certains facteurs tels ; la masse musculaire mise à contribution, la condition etc. (63). Chez les enfants, les pertes de données et les artefacts sont courants et donc cette méthode, ne permet pas une mesure totalement précise (63).

Ces dernières années, c'est l'accélérométrie qui a été largement préférée aux méthodes d'observation directe pour les études visant une mesure objective de la dépense énergétique liée à l'activité physique dans un environnement libre (51). Ce choix, plutôt logique permet en effet d'éviter des coûts astronomiques ou encore de ne pas accabler d'une trop lourde tâche les sujets des expériences. Pratiques, légers

et moins coûteux que les autres méthodes, ces appareils qui ont subits de nombreuses améliorations ces dernières années se voient devenir de plus en plus précis.

Il se dessine aujourd’hui trois sortes d’accéléromètres.

- Le traditionnel accéléromètre à un ou trois axes et l’accéléromètre de nouvelle génération couplée à un cardio-fréquencemètre. Déjà bien connu et validé sous réserve chez les adultes (24,26,30,43,48,61,62) suivant les modèles, l’accéléromètre traditionnel est la méthode généralement utilisée par les chercheurs depuis plusieurs années pour des études avec de grands échantillons de sujets. Mais les limitations de la méthode de base à un axe au niveau de la précision de la mesure chez les enfants en fait un moyen peu fiable. Les améliorations qui ont faits voir le jour à l’Actigraph GT3X (accéléromètre munis de trois axes) a déjà fait avancer beaucoup les recherches.

- L’accéléromètre combiné, la toute dernière méthode, ou deuxième sorte d’accéléromètre, qui pourrait être qualifiée d’ « accéléromètre amélioré ». C’est en fait la nouvelle génération de capteurs de mouvements et fréquence cardiaque en même temps. Tout juste arrivé et déjà validé dans les études chez les adultes (3,7,15) l’Actiheart est issu de cette nouvelle génération et est à ce jour le seul à avoir été commercialisé. C’est un moniteur qui, non seulement, mesure la fréquence cardiaque et les mouvements du corps mais qui permet également de mesurer l’activité physique en milieu aquatique. Sa validité chez les enfants n’a pas été vraiment prouvée mais il semble déjà clair pour certains auteurs qu’une méthode ajoutant la fréquence cardiaque à l’estimation pourrait amener à des résultats plus précis dans les recherches sur les dépenses énergétiques liées à l’activité physique chez les enfants et adolescents (14).

- Le multi-senseur Armband est une méthode qui est sortie ces dernières années et qui a été validée chez les enfants et les adultes, avec, comme pour les différents accéléromètres ou le Actiheart, une marge d'erreur individuelle légèrement marquée. Cette méthode peu répandue consiste à utiliser les différents Armband (SenseWear Armband ou multisensor Armband par exemple), qui sont des appareils testés et validées pour les enfants ans par différentes études dont celle de Calabró et al. (9). Ces bracelets se fixent en dessus du triceps du sujet, comme l'indiquent leurs noms en anglais (arm= bras, band= bracelet), et sont munis d'un accéléromètre bi-axial. Comme le pédomètre ils enregistrent le nombre de pas du sujet ainsi que les indicateurs physiologiques de la dépense énergétique (9). Cette technologie plutôt nouvelle n'est pas encore très utilisée et n'a pas subi beaucoup de comparaison aux autres appareils. Dans le cadre de ce travail, la focalisation ne sera pas portée sur cette dernière méthode, mais sur les deux sortes d'appareils utilisés dans le cadre de l'étude menée à Macolin (actigraph GT3X et Actiheart) qui sont les plus utilisées à ce jour et surtout font parties des méthodes les plus vérifiées.

Ces dernières années, les accéléromètres tel que les CSA/MTI Actigraph (4 générations révisées du hardware et software: Actigraph 7164, 71256, GTM1, GT3X) (47), ont été utilisés très fréquemment pour évaluer l'activité physique chez les enfants et les adolescents. Ils sont même aujourd'hui utilisés officiellement par des sondages de la santé publique aux Etats Unis (NHANES) (16). Ils ont étés validés pour les enfants durant des activités standardisées en laboratoire (56,44,33) et sur le terrain (30,53), mais reste que presque rien n'a été prouvé en environnement libre (Lendeers, 2001), à part l'étude de Corder et Al (13), et que les équations utilisées avec les mesures rendent les résultats peu fiables et à considérer avec précautions.

Les Actigraphs fonctionnent avec des activity counts (comptes d'activités) par seconde ou par minute, qui sont en fait une unité de mesure arbitraire qui est constituée d'une amplitude et une fréquence de l'accélération par échantillon de

temps (47). Cela explique donc pourquoi, les résultats, dépendamment des équations utilisées pour estimer la dépense en énergie d'après ces comptes d'activité, ne sont pas entièrement objectifs et valides.

A ce jour, on dénombre plus de six équations validées et régulièrement utilisées pour calculer la dépense énergétique à l'activité physique d'un enfant ou d'un adolescent à partir des counts/min de l'Actigraph. Les équations les plus utilisées et contrôlées sont

- Puyau et al. (44),
- Freedson et al. (26-27),
- Trost et al. (56),
- Schmitz-Treuth et al. (49) (uniquement pour les adolescentes)
- la nouvelle de Crouter et al. (16).

Les paliers (Engl. tresholds counts) qui définissent les limites d'intensités d'exercice (faible ou légère, modérée et intense) sont eux à utiliser avec précautions puisqu'ils changent suivant les protocoles d'investigations et les appareils utilisés (63). Les plus utilisés sont ceux de

- Schmitz-Treuth et al (49) (uniquement pour les adolescentes)
- Evenson et al. (25)
- Sirard & Pate (51)
- Corder et al. (13).

Après de nombreuses comparaisons et de nombreuses validations faites sur ces différentes équations ou ces paliers, il ressort toujours le même style de conclusions.

En effet, il semble qu'aucune de ces équations ne permettent une prédiction précise des dépenses énergétiques totales ou liées à l'activité physique des enfants et des adolescents. Cependant, certaines équations ont étés contrôlées et définies comme plus précises que d'autres tout comme certains paliers ont été contrôlés comme mieux adaptés que d'autres (6,17,59,27). Il semblerait que pour travailler avec des

données de l'Actigraph GT3X, les deux nouvelles équations de Crouter et al. publiées en 2012, soit *l'Actigraph vertical axis model* et l'*Actrigraph vector magnitude model* (16), soient les seules avec une si petite marge d'erreur et ceci, surtout au point de vue individuel.

Pour l'estimation de la dépense énergétique totale grâce au seul axe vertical, par contre, Trost et al. ou Freedson et al. semblent être majoritairement préférés aux autres équations quelque peu moins précises. Il semble que pour mesurer l'activité physique de masse de manière pratique et la moins coûteuse possible, il ne soit pas possible de travailler avec d'autres appareils que les accéléromètres avec ou sans combinaison de la fréquence cardiaque. Donc l'utilisation du dernier Actigraph GT3X, qui permet de mesurer sur trois axes et prendre en compte plus de mouvements, si combiné avec les équations de Crouter et al., est un des meilleurs moyens de mesure à ce jour malgré ses quelques faiblesses et imprécisions.

L'autre type d'appareil qui peut être considéré comme le meilleur moyen de mesurer l'activité physique en environnement libre à ce jour, est l'accéléromètre combiné avec une mesure de la fréquence cardiaque. L'Actiheart, seul modèle aujourd'hui disponible sur le marché, se porte à proximité de la poitrine contrairement à l'Actigraph qui se porte sur l'os de la hanche. Cela lui donne alors l'avantage de pouvoir mesurer également les mouvements du haut du corps. C'est un appareil coûteux et qui ne se fabrique et ne se répare, à ce jour, plus qu'en Angleterre.

Il faut savoir que jusqu'en 2010 il existait deux versions disponibles sur le marché : une version Anglaise (Cambridge Neurotechnology, Cambridge UK) et une version Américaine (MiniMitter, OR, USA). Les deux versions de cet appareil, encore jeune, ont déjà été validées pour mesurer l'activité physique et les dépenses énergétiques chez les adultes par plusieurs études (2,3,7,15), et également chez les enfants pour la mesure de la dépense énergétique (11,8). Mais les recherches sur ce sujet sont encore en trop petit nombre et certaines études, en comparant cet appareil avec l'eau doublement marquée, des cardio fréquencemètres et des accéléromètres

classiques, trouvent des résultats qui ne semblent pas aussi parfaits qu'on aimerait bien le croire. Ceci particulièrement pour la dépense énergétique liée à l'activité physique chez les adolescents (10).

En effet, même si dans l'étude de Butte et al. (8) la conclusion prêche une concordance avec l'eau doublement marquée assez significative pour la TEE, dans celle menée par Campbell et al. (10), les résultats en comparaison avec l'eau doublement marquée ne donnent pas de résultats concluants concernant l'AEE. Les deux équations utilisées par le programme Actiheart ayant étés créées pour les enfants ou pour les adultes seulement, il n'est pas d'équation pour la population des adolescents. Ceci pourrait expliquer entre autre les résultats peu concluants qu'ils ont trouvés dans leur étude.

Dans l'étude de Speierer et al. (52), comme pour l'étude de Crouter et al. (15) et Barriera et al. (3), il a été conclu que le composant accéléromètre de l'Actiheart était moins précis quant à la prédiction de la dépense énergétique, qu'un accéléromètre tel l'Actigraph ou l'Actical. Le placement pourrait en être la cause, puisque l'Actiheart est un moniteur combiné et que le boitier se porte sur le torse et non sur la hanche (15,52). Par ailleurs, même s'il semble qu'obtenir la fréquence cardiaque donne de la précision à la mesure et que cela est confirmé dans tous les articles recensés par ce travail, la partie fréquence cardiaque de l'Actiheart est encore donc à évaluer. Il reste en effet encore à tester et valider la précision du cardio fréquencemètre de l'Actiheart dans des mesures chez des jeunes qui ne sont pas finis de la même manière qu'un adulte au niveau cardiorespiratoire. En effet, chez les enfants les artéfacts et les pertes de données sont réguliers (63).

Dans l'étude menée par Stewart G. Trost en 2000 (57), sont mentionnées les deux problématiques liées à la fréquence cardiaque chez les jeunes: premièrement elle est influencée par l'âge, la taille, la proportion des muscles utilisés, le stress émotionnel et la condition cardio-respiratoire. Deuxièmement, Trost mentionne dans son étude le fait que la fréquence cardiaque tend à rester élevée même après l'arrêt d'un mouvement, ce qui peut masquer les mouvements sporadiques très

spécifiques à l'activité physique des jeunes. Le fait que les adolescents aient un plus petit cœur ou une cage thoracique qui ne permet pas de mettre l'appareil tout à fait comme il est mentionné sur le manuel d'utilisation de l'appareil (64) (voir figure 1), pourrait finalement influencer les mesures. Donc même si l'Actiheart semble bel et bien être une des dernières méthodes précises pour les mesures de la dépense énergétique, il semble que certaines améliorations peuvent encore être apportées pour la population non-adulte avant de la classer meilleures que les autres méthodes.

Il y a déjà plus de dix ans, certains chercheurs comme Treuth et al. ou Trost, (54,57) ont publié des études qui avaient conclus que la combinaison d'un cardio fréquencemètre et d'un accéléromètre était la solution aux problèmes d'imprécisions pour mesurer la dépense énergétique liée à l'activité physique chez les jeunes. Il aura donc fallu une décade pour voir apparaître et se faire valider un appareil capable d'associer les deux, l'Actiheart. Ce ne sont que ces dernières années qu'ont vu le jour les études comparatives telles que celle menée pour les besoins de ce travail.

Pour les adultes, seules trois études qui comparent l'Actiheart à la méthode de l'accéléromètre tout seul ont pu être recensées dans la littérature. La moins récente est l'étude menée par Crouter et al. en 2008 (15), qui a comparé l'Actiheart (MiniMitter) à la calorimétrie indirecte ainsi qu'à l'Actical et l'Actigraph lors de séquences de 10 minutes d'activité sédentaires, domestiques et lors de loisirs. Il y a été conclu qu'il est relativement difficile de comparer directement les résultats venant des différents moniteurs car les protocoles de test sont très différents. Le résultat final obtenu est que l'Actiheart ne donnerait pas une estimation améliorée de la dépense énergétique. Dans cette étude, il a été souligné le problème du software Actiheart n'étant pas pareil selon s'il vient des Etats Unis ou de l'Angleterre et que donc les algorithmes utilisés ne donnent pas forcément un résultat autant précis que lorsqu'il y a un step-test individualisé pour la calibration, comme avec la version Anglaise (15).

L’année d’après a été publiée l’étude de Barreira et al. (3), qui, pour valider la méthode Actiheart (MiniMitter), l’a comparée avec celle de l’Actigraph et d’autres moniteurs comme un cardio fréquencemètre. Le tout a été vérifié sur un tapis roulant, en laboratoire, à différentes vitesses et en environnement libre durant 30 minutes. Les conclusions ressemblent beaucoup à celles de l’étude de Crouter et Al. : Il est reconfirmé que la comparaison directe est difficile puisque les protocoles de test des différents moniteurs sont trop différents et que les estimations de l’Actiheart concernant les dépenses énergétiques ne sont pas significativement différentes ou améliorées comparée à l’Actigraph combiné avec un cardio fréquencemètre (Polar). Dans cette étude, il est aussi souligné que certains ajustements mériteraient d’être faits quant à la formule d’estimation suivant l’intensité de l’activité et peut être la population qui est mesurée.

La dernière étude comparative qui a pu être recensée est l’étude de Spierer et al. (52) en 2010, dans laquelle étaient comparé l’Actiheart (Minimitter) et l’Actical durant 8 activités très différentes et qui avait comme critère de base pour la comparaison, la calorimétrie indirecte. Les résultats trouvés par Spierer et Al. sont mixtes et dépendants de la sorte d’activité pratiquée. L’estimation de la dépense énergétique faite par l’Actiheart durant les activités qui ne sont pas relatives à une accélération pelvienne (jouer aux cartes, soulever des poids et balayer) était améliorée par rapport à l’accéléromètre seul. Mais l’estimation de l’Actical pour le jogging et la marche était par contre plus proche de la valeur critère (calorimétrie indirecte) que l’Actiheart. Lors de la marche/jogging inclinés, aucun des deux n’était significativement proche de la valeur critère.

Dans cette étude il est aussi précisé que si la nouvelle version d’Actiheart, qui permet une calibration individuelle avec step test et équation adaptée, est utilisée, elle donnerait probablement de meilleures résultats. Reste que, pour certaines activités, l’Actiheart ne semble pas donner une meilleure estimation de la dépense énergétique que celle trouvée grâce à l’accélération mesurée par un accéléromètre

simple. D’autre études développées et publiées ces deux dernières années existent sûrement, mais n’ont pas été trouvées ou ne sont pas encore consultables.

Pour ce qui est des études comparatives sur les mesures de la dépense énergétique des enfants et adolescents en comparant un accéléromètre à un Actiheart, seules deux études ont été recensées lors de ce travail. Corder et al. en 2005 (11) ont travaillés avec des sujets d’environ 13ans sur la même question de recherche que l’étude présente. Les estimations données par la méthode combinée de L’Actiheart (Cambridge) avec celles obtenues avec la méthode de l’accéléromètre (Actigraph et Actical) accompagné d’un cardio fréquencemètre y sont comparées. En 2007, Corder et al. ont publiés une deuxième étude apparentée mais cette fois ci avec différentes équations pour les deux appareils (12). L’Actiheart avec 4 modèles d’équations différentes et l’Actigraph avec 4 modèles aussi y sont comparés durant 6 activités déterminées. Encore une fois, les sujets avaient entre 12 et 13ans.

L’étude faite en 2005 consistait à faire durant 30 à 40 min graduellement de la marche puis de la course avec une inclinaison qui se modifiait aussi graduellement et de comparer les deux résultats avec les valeurs critères de la calorimétrie indirecte. Il ressort de cette étude que l’Actiheart en laboratoire, sur un tapis roulant est le seul à ne pas surestimer la dépense énergétique à l’activité physique et donc donner une estimation plus précise que le cardio fréquencemètre ou chacun des accéléromètres seuls. L’étude de 2007 arrive aux mêmes genres de conclusions en ayant suivi un protocole un peu différent (6 activités à réaliser) mais toujours en laboratoire.

Ces résultats sont intéressants, mais comme le concluent ces études, il serait très utile d’avoir à disposition d’autres investigations concernant la dépense énergétique totale et celle liée à l’activité physique en environnement libre. Même si les adolescents sont moins concernés que les enfants par les mouvements sporadiques et les changements d’intensité très rapides, il va de soi que leur activité physique n’est pas comparable à celle d’un adulte.

2.3 But, question de recherche précise et hypothèse

Les buts de ce travail étaient tout d'abord de définir quelle est la dépense énergétique totale d'un adolescent durant sept jours, ceci de deux manières différentes, puis de comparer les deux méthodologies.

La première méthode, la plus classique, est d'utiliser l'« ACTIGRAPH GT3X », un accéléromètre triaxial et pédomètre qui mesure les mouvements du corps, donc l'activité physique et qui se porte sur la hanche. La méthode comparée est celle utilisant l'appareil nommé « ACTIHEART », qui est lui-même un accéléromètre bi-axial mais combiné à un cardio fréquencemètre, et qui donc estime la dépense énergétique journalière grâce aux mesures de l'activité physique (accéléromètre) et du rythme cardiaque (cardio fréquencemètre) superposés. La question étant de savoir si l'ajout de la mesure du rythme cardiaque va donner une information réellement pertinente ou non dans l'estimation de la dépense énergétique chez un jeune, en environnement libre, tout en sachant que certaines études (10,11,12) mais plus ok se contredisent à ce jour sur ce sujet et ceci concernant les enfants mais aussi les adultes. La question à laquelle tente de répondre ce travail est donc la suivante :

Lors d'une mesure de la dépense énergétique liée à l'activité physique et de la dépense énergétique totale chez des adolescents, y a-t-il une différence significative entre les estimations obtenues avec la méthode Actiheart (Cambridge NT, UK) et les estimations obtenues grâce à l'accélération mesurée par la méthode Actigraph GT3X ?

Il était prévu que les résultats ne soient, en théorie, pas significativement différents, surtout en environnement libre. Mais une tendance à un résultat moins élevé pour l'Actiheart était cependant supposée se manifester puisqu'il a été souvent conclu dans la littérature que les résultats obtenus grâce à l'accélération de l'Actigraph avaient tendance à surestimer la dépense énergétique à l'activité physique et que l'Actiheart avait une tendance à être plus près des valeurs critères (2,3,7,8,10-12,14).

En plus de répondre à la question de recherche les conclusions avaient également pour but de répondre à une question secondaire et bien plus pratique : lequel des deux appareils est plus commode à utiliser avec cette population et pourquoi ?

En effet, après une semaine à porter les deux moniteurs, les sujets se sont forgés une opinion quant auquel était le moins pénible à vivre avec au quotidien et les raisons pour lesquelles c'est ainsi. Les investigatrices, de leur côté, pouvaient espérer avoir une idée précise des difficultés ou des facilités qu'impliquent chaque dispositif pour la calibration et pour la récolte des données après la mesure.

Enfin l'obtention d'une base de données valide sur les dépenses énergétiques liées à l'activité physique pour une soixantaine d'adolescents en Suisse romande n'était pas un but en soi mais découle de cette étude et est un avantage certain pour la recherche en Suisse.

3 Méthode

3.1 Sujets

Ce sont plus de soixante sujets entre 12 et 14 ans, représentatifs de la population pré-adolescente et adolescente en bonne santé qui ont été recrutés entre décembre et février en Suisse, dans le Co du Belluard à Fribourg et dans deux différentes écoles primaires à Bienne grâce à un flyer de recrutement (annexe I).

Chaque classe d'âge contenait un échantillon de vingt sujets volontaires, dont dix de sexe masculin et dix de sexe féminin. Les sujets ont été recrutés selon les catégories d'âges et selon des critères bien définis tels qu'une activité physique n'excédant pas 4 entraînements par semaine (discutés avec le sujet suite à l'inscription), un état de santé ne présentant aucune anomalie, un accord parental, de l'intérêt pour l'étude et si possible des dispositions durant les vacances. Les parents de chaque sujet se sont présentés avec leur enfant pour une réunion explicative et chacun a reçu une information orale et écrite (annexe II) venant des investigatrices. A la fin, les parents et le sujet ont signés un contrat qui certifie que les informations ont été données, comprises et acceptées et que chaque partie peut se retirer à tout moment de l'expérience. Personne ne s'étant retiré de l'étude après ces réunions, certains adolescents ont dû être placés sur liste d'attente.

Pour des raisons d'organisation et de protection des adolescents, les sujets se présentaient pour la mesure de base toujours par groupe de deux ou de trois. Ils n'étaient donc pratiquement jamais seuls dans une pièce avec les investigatrices. Après des mesures de base au centre sportif et médical de Macolin, les soixante sujets ont porté l'Actiheart et l'Actigraph durant les sept jours de l'expérience. Ils ont aussi reçu la tâche de remplir un journal de bord (annexe III) avec les activités pratiquées ainsi que les boissons et repas ingérés durant les 7 jours de l'étude. Chaque sujet est reparti avec un journal de bord vierge et une feuille explicative (annexe IV) concernant les deux appareils et leurs tâches de la semaine. Les

adolescents avaient la confiance des investigatrices et jamais il n'a été mentionné que les parents étaient impliqués pour une quelconque surveillance du déroulement de l'étude, ce qui laissait le choix au sujet de gérer sa semaine comme il l'entendait par rapport à cette étude. Ils n'avaient aucune obligation quant aux activités physiques à pratiquer durant la semaine, pour que l'activité physique en environnement libre soit respectée. L'étude a été approuvée par la Commission d'Ethique du Canton de Bern (KEK). Les caractéristiques descriptives des participants ayant fait partie de l'analyse finale sont présentées dans le Tableau 1.

3.2 Déroulement

Il a fallu tout d'abord effectuer sur une matinée, quelques mesures de bases qui permettaient de définir le poids, la taille, le métabolisme de base ainsi que la composition corporelle des sujets. Pour chaque mesure L'HEFSM nous avait mis à disposition la machine spécifique nécessaire pour définir le métabolisme de base (Grâce à la Calorimétrie indirecte sur trente minutes avec le MOXUS Metabolic System, AIE Technologies Inc. Bestrop, TX, USA). Les données telles que le poids et la taille ont étés ensuite introduites lors de la calibration de l'Actiheart et de l'Actigraph et ont servies de base pour le calcul de la dépense énergétique liée à l'activité physique.

Malheureusement, les données sur le métabolisme de base n'ont pas pu être utilisées puisqu'un défaut de la machine a rendu les résultats non valides. En effet une fuite d'O_2 causé par un problème inconnu a rendu les résultats inexploitables et une estimation du BMR grâce à l'équation de Schofield (50) a dû être utilisée. Pour tous les calculs et les estimations contenant le BMR dans ce travail, ce sont alors des estimations du BMR et non des BMR mesurés qui sont exploités.

A la suite des mesures de base, se sont déroulé la calibration et la mise en place des appareils Actiheart d'abord, puis Actigraph. Les électrodes de l'Actiheart ont étés placées, comme conseillé dans le manuel d'utilisation (64) sur le buste du sujet juste

en dessous du sternum et entre K4 et K5 du côté du cœur (voir Figure 1 (64)). Il existe aussi le placement en haut du buste pour les femmes ayant une poitrine conséquente, mais pour des raisons de maturité, nous n'avons pas eu besoin d'utiliser cette forme de placement.

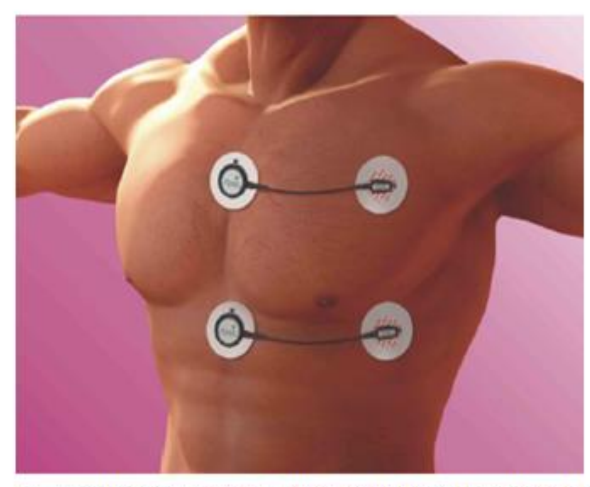


Fig. 1 Positionnements possibles de l'Actiheart sur le sujet

La calibration personnelle de l'appareil s'est faite grâce à un « signal-test » et un « Step-test » proposé par le software Actiheart (64).

Le signal-test consistait à mettre l'Actiheart après avoir insérer les informations concernant le poids, la taille et l'âge, puis marcher durant deux minutes à un rythme soutenu, avant de retirer l'Actiheart. Le software était alors utilisé pour vérifier si le signal de la fréquence cardiaque était correctement capté à travers les électrodes. Dans le cas d'un résultat peu concluant, le sujet changeait d'Actiheart ou changeait les électrodes et un nouveau signal test était pratiqué.

Un « step test » de 8 minutes permettait ensuite de contrôler que l'Actiheart perçoive correctement les mouvements d'intensités différentes et le retour au calme. Ce test permet également, et surtout, de superposer les résultats des BPM (battements de cœur par minute) et les différentes intensités d'une activité vécue par le sujet. Le step test de calibration Actiheart consistait à monter et descendre

d’un step (50cm) avec une augmentation constante de la vitesse en suivant le rythme dicté par le software, puis à la fin des 8 minutes, s’arrêter et se reposer deux minutes sans parler ni toucher l’appareil.

Grâce à cette calibration personnelle, la précision de la mesure était donc assurée, puisque l’appareil a des valeurs critères qui aident à détecter une activité physique non dépendante d’une accélération directe du corps (soulever des poids par exemple). En même temps, cela évite aussi une surestimation de la dépense énergétique lorsque la fréquence cardiaque augmente mais pour d’autres raisons que l’activité physique (émotions par exemple). Après la calibration personnelle, l’Actiheart a finalement été placé sur le sujet pour une durée de sept jours entiers, 24/24 h, pendant lesquels la fréquence cardiaque et l’activité physique étaient mesurées. La seule requête faite aux sujets était, de ne pas l’enlever durant toute la durée de l’expérience.

Dans un même temps, un Actigraph était préparé pour chaque sujet. L’élastique qui se place sur la hanche était adapté au tour de taille du participant et les calibrations nécessaires à mesurer l’activité physique des sujets seconde par seconde et pour sept jours étaient faites. L’Actigraph était réglé pour mesurer chaque seconde les accélérations sur les trois axes disponibles durant sept jours à partir du premier jour à 5h00 du matin. L’appareil a été placé sur la hanche droite (voir Figure 2) avec comme seules requêtes, être porté bien à l’endroit d’après l’écriture ActiGraph GT3X et l’enlever lors d’activités aquatiques ou durant la nuit. Cet appareil ne demandait aucune calibration personnelle particulière. Il était fourni avec des explications précises durant la matinée de mesure, mais n’était mis en place que depuis le jour après les mesures par le sujet lui-même.



Fig. 2 Positionnement de l'Actigraph GT3X sur le sujet

Un journal de bord (annexe III) concernant la semaine de mesure a été également distribué durant cette matinée. Les sujets devaient remplir soigneusement pour chaque jour, ce qu'ils pratiquaient comme activités physique et pour combien de temps ainsi que ce qu'ils mangeaient et buvaient. La partie alimentation avait pour but de donner une information supplémentaire sur le mode de vie du sujet. Un dossier le plus complet possible sur l'état de santé physique ainsi que l'alimentation du sujet a pu de cette manière être rendu à la fin de notre étude, comme remerciement pour sa participation. Le dossier a été adressé aux parents et à l'enfant (annexe V).

3.3 Instruments utilisés

Actigraph GT3X pour mesurer les mouvements :

Cet appareil non-invasif (The Actigraph, Model GT3X, The Actigraph, Fort Walton Beach, Florida, USA), petit et léger (3.8 cm x 3.7 cm et 27g) est en fait un accéléromètre qui s'accroche sur les hanches du sujet grâce à une ceinture élastique. Une illustration de l'Actigraph GT3X est représentée sur la figure 3 (69). Il se porte durant la journée et est enlevé lors de la douche, bain ou durant le sommeil. Cet appareil mesure les accélérations du corps entre 0.05 et 2.5 G. L'output de l'appareil est digitalisé 30x par seconde (30Hertz) à travers un « Analog Digital Convertor » de 12-bit. Un filtre électronique, se trouvant directement dans l'appareil de mesure, limite sa fréquence entre 0.25 et 2-5 Hz.



Fig. 3 Actigraph GT3X

La norme de fréquence est choisie pour capter des mouvements ou déplacements du corps humain normal, mais en même temps des mouvements autour du corps, par exemple, ceux des membres. Le signal va être réglé sur un certain intervalle de temps (Epoch), dépendant de ce que désire l'utilisateur. Dans le cas de cette étude, il a été choisi de mesurer chaque seconde sur 3 axes (bien que seul l'axe vertical aura été utilisé), durant 7 jours, et sans la fonction « pédomètre » ou « inclinomètre » pour avoir assez de dépendance de la batterie. L'Actigraph a été calibré sans aucune précision spécifique concernant l'âge, ou les mesures de base de l'enfant.

Actiheart pour mesurer la dépense énergétique quotidienne :

Cet appareil, léger, discret et waterproof est non-invasif (Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Papwoth, United Kingdom) est fixé au moyen de deux électrodes EGG sur la poitrine du sujet. L'accélération du corps est mesurée toutes les 15 sec et 24h/24h. La FCR (fréquence cardiaque au repos) est utilisée pour l'ajustement individuel de l'appareil. La moyenne arithmétique de 60 battements est prise en compte pour le calcul de la fréquence cardiaque pendant le sommeil. Une moyenne de mesures consécutives de trois nuits est valable pour établir la FC durant le sommeil. En plus de la fréquence cardiaque l'Actiheart calcule la dépense énergétique totale (TEE) et la dépense énergétique durant l'activité physique (AEE). La TEE est calculée de cette manière : AEE+BMR+DIT (Thermogénèse, en anglais Dietary Induced Thermogenesis : ~10% de TEE). La valeur MET (calculée par multiple de BMR) est utilisée pour indiquer l'intensité de l'activité physique. L'Actiheart est représenté sur la figure 4 (66).



Fig.4 Actiheart

Le STEP TEST pour calibrer l'actiheart pour chaque personne :

Ce Steptest standardisé consiste à monter et descendre d'un Step d'une hauteur de 215 ou 500mm, avec augmentation de fréquence des pas par minute (15 à 33 fois par minute). L'énergie spécifique à la masse est calculée au moyen de la formule 9.81 m/s^2 x hauteur de pas (m) x fréquence de pas, et est donnée en Joules/min/kg. Une régression linéaire est utilisée pour le calcul du rapport entre énergie et fréquence cardiaque. Ceci est ensuite utilisé par le Software de l'Actiheart pour calculer la TEE et AEE.

3.4 Sélection des données exploitables

Avant de pouvoir commencer l'analyse statistique ou le traitement des données, il a fallu sélectionner dans les données mesurées avec Actigraph lesquelles étaient exploitables ou ne l'étaient pas.

En effet, comme il a été mentionné dans la littérature (38), un problème certain existe encore avec le port de l'Actigraph durant la semaine entière et chaque jour. Cet appareil se portant seulement durant les heures de la journée et ne se portant pas lors d'activités aquatiques, il est important que le sujet pense à le mettre le matin ou le remettre après une activité aquatique. Malheureusement, en activité physique dans un environnement libre, les investigateurs n'ont aucun contrôle sur le sérieux que peuvent avoir les sujets. Il est donc courant de recevoir en retour un appareil qui n'a pas été porté 7/7 jours, le matin, l'après-midi et le soir. La sélection a été faite avec l'aide de l'article de Trost et al. (58) et celle de Masse et al. (38) qui développent la question des choix des investigateurs lors d'une mesure avec un accéléromètre.

Dans son paragraphe sur le choix du nombre de jours qu'il faut avoir au minimum pour obtenir des résultats fiables à 80%, Trost mentionne entre 4 et 9 pour les jeunes. Il conclut qu'une semaine de vie avec un weekend dedans paraît le choix le plus juste pour faire des recherches sur les dépenses énergétiques moyennes par

jour. Concernant le choix des jours considérés comme valides ou non, l'article de Masse et Al. propose de choisir d'après l'âge des participants une moyenne d'heures durant lesquelles ils doivent avoir porté l'Actigraph. Les enfants, ayant plus besoin de plus d'heures de sommeil par nuit et n'allant pas très tard au lit, il était logique de ne pas fixer à 12h mais à 10h le temps que doit être porté l'appareil pour valider un jour de mesure.

Riddoch et al. (45) confirme dans son article que 3 jours minimum à 10h par jour sont le minimum pour 90% de fiabilité. D'après les trois articles mentionnés, il a été décidé que la comparaison serait faite sur 7 jours consécutifs et que chacun de ces jours devaient comprendre minimum 10h durant lesquelles l'Actigraph avait été porté. Les sujets ayants oubliés de porter leur appareil une matinée, un après midi, ou la journée entière n'ont donc pas été pris en compte. Sur 62 sujets mesurés il ne restait donc que 38 de leurs résultats Actigraph qui pouvaient être comparés à ceux de l'Actiheart. Ceci prenant en compte aussi les deux Actigraphs n'ayant pas fonctionnés correctement.

Pour la partie statistique, il a fallu mettre en place un « nettoyage » supplémentaire, conseillé par Mattocks et al. (39) dans son article traitants des protocoles et des effets qui en découlent sur la précision d'une étude. Dans cet article, il est proposé de considérer un résultat moyen de moins de 150 counts/min sur une journée ou sur la semaine comme « invalide ». Après avoir testé sur 5 minutes couché et 5 min assis le nombre de counts/min qu'un enfant obtenait, et après avoir observé certains résultats avec 60-100 counts/min, il a été défini qu'un enfant ne pouvait que difficilement, ou même pas du tout, obtenir une moyenne de moins de 150 counts/min s'il avait porté correctement son appareil durant 10h.

Il a donc été retiré dans cette étude tous les résultats ayant une moyenne de counts/min inférieure à 150 sur la semaine ainsi que ceux ayant plus d'un jour avec moins de 150 counts/min durant la semaine. Pour les participants ayant accumulés plus de 150 counts/min en moyenne sur la semaine mais qui avaient un seul jour avec une moyenne plus basse, les dépenses énergétiques moyennes ont étés

recalculées sur 6 jours. Sur les 62 sujets mesurés à la base, seuls 26 de leurs données ont pu être comparées avec celles de l'Actiheart. Ceci signifie que 41.9% des données étaient exploitables après ce nettoyage.

En ce qui concerne les données Actiheart, il n'y a eu aucun problème, puisque l'appareil était porté 24h/24h et ne devait jamais être retiré et que cela a été respecté. Seul un des participants sur 60 a fait une réaction allergique à la colle des électrodes et seul un des appareils a été endommagé durant la prise de donnée, et ceci à cause d'un plongeon depuis une hauteur de 3m.

3.5 Choix des équations pour les données de l'Actigraph

Afin de pouvoir comparer les données des deux appareils, il fallait obtenir la même unité de mesure. Les données obtenues grâce à l'Actiheart été reportées en kcal, ce qu'il fallait alors obtenir pour l'Actigraph. Comme l'unité était en counts/min il a fallu choisir une des équations présentées au point 2.2. Les équations de Trost, Freedson, Schmitz et de Puyau ont étés appliquées sur les 26 résultats comparables et seulement sur l'axe vertical. Ces 4 équations sont présentées dans le tableau 1. Les résultats de deux de ces équations donnaient des résultats en Kjoules / jour et ont donc dû être transformées en kcal/ jour. Celle de Puyau a été appliquée mais n'a pas été comparée (voir discussion). Puisque l'équation de Schmitz n'a été validée que pour les filles, elle a été appliquée et comparée dans notre étude seulement pour les filles. Toutes les équations ont été appliquées et calculées sur l'axe vertical avec Excel de Microsoft Office 2010 pour PC.

Tab. 1 Présentation des modèles de prédiction de la dépense énergétique totale pour les mesures de l'Actigraph

Source des modèles	Activités validées	Model d'équation
Comparés:		
a) Trost et al. (56)	tapis roulant à plat: courir, jogging et marcher	TEE (kcal·min^{-1}) = -2.23 + 0.0008 · ACCmti (counts·min^{-1}) + 0.08 (body mass in Kg)
b) Freedson et al. (26-27)	tapis roulant à plat: courir, jogging et marcher	TEE (METs) = 2.757 + (0.0015 x ACCmti (counts par min)) - (0.08957· âge (années)) – (0.000038· ACCmti (counts par min)· âge (années))
c) Schmitz et al. (49)	activités d'intensité faible, modérée, élevée	TEE (Kj·min^{-1}) = 7.6628 + 0.1462 (((counts/min)-3000)/100) + 0.2371(poids (kg)) – 0.00216 ((ACCmti (counts par min)-3000)/100)^{2} · (poids (kg)))
Retiré de la comparaison:		
d) Puyau et al. (44)	activités d'intensité faible, modérée, élevée	TEE (kcal·kg-1·min-1) = 0.065 -0.0197 · Age + 0.00001 (counts par min)

ACCmti, Actigraph counts par minute.
Les équations b, c ont étés converties par la suite en Kcal pour être comparées, Kjoules/4.184 = kcal, (Mets x 3,5 x poids (kg)) /200 =kcal

4 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont étés menées avec Excel de Microsoft Office 2010 ainsi que le logiciel statistique Statistix8 pour PC (Statistix8, Analytical Software, Tallahassee, Florida). La comparaison des données de l'Actiheart avec chacun des trois résultats obtenus pour l'Actigraph (avec les équations de Freedson, Trost, Schmitz) a été faite en utilisant un test T de Student apparié. Une valeur de P de 0.05 ou moins a été définie comme statistiquement significative.

La méthode de Bland et Altman (4,5) a été utilisée pour évaluer l'agrément entre les résultats de l'Actiheart et chacun des trois résultats de l'Actigraph. Ceci s'est fait en créant un graphique en nuage de points qui relate la différence en rapport à la moyenne de la TEE d'Actiheart et la TEE de Freedson, Trost ou Schmitz. Les limites d'agréments ont étés définis comme étant la différence moyenne ±2SD.

5 Résultats

Après « nettoyage » des données, les résultats ont été obtenus et analysés pour 26 sujets, donc 41.9 % du total des participants (voir point 3.4). En effet, 13 garçons et 13 filles âgés de 12 à 14ans ont obtenus 7 jours valides avec l'Actigraph et donc une période assez longue pour comparer les résultats de l'Actigraph à ceux de l'Actiheart. Le tableau 2 présente les caractéristiques physiques de ces enfants.

Tab. 2 Caractéristiques descriptives des participants

	Tous (*n*= 26)	Garçons (*n*=13)	Filles (*n*=13)
Age (années)	12.9 ± 0.77	13 ± 0.81	12.9 ± 0.75
Taille (cm)	161.8 ± 9	162 ± 12.2	161.7 ± 4.4
Poids (kg)	52.5 ± 11.2	52.3 ± 11.2	52.9 ± 8.8
IMC (kg/m2)	19.9 ± 2.9	19.6 ± 3	20.2 ± 2.9
BMR (kcal/day)	1489.5 ± 199.3	1586.2 ± 234.4	1392.8 ± 86.7

IMC= Indice de Masse Corporelle; BMR = Basal Metabolic Rate (métabolisme de base) ; les résultats sont présentés en tant que moyenne ± Ecart type

Les moyennes de la taille (cm), du poids (kg) et donc de l'IMC sont très proches chez les filles et les garçons avec des moyennes respectives de 162 ± 12 pour la taille des garçons ou 161.7 ± 4.4 pour la taille des filles et de 52.3 ± 11.2 pour le poids des garçons et 52.9 ± 8.8 pour le poids des filles. La moyenne du métabolisme de base se trouve à 1392.8 ± 87 pour les filles et à 1586 ± 234 pour les garçons.

Les résultats de dépense énergétique totale (moyenne ± SD) de l'Actiheart (TEE ah) et de l'Actigraph (TEE ag) sont présentés dans le tableau 3.

Tab.3 Dépense énergétique totale de Actiheart (TEE AH) comparée avec dépense énergétique totale de l'Actigraph (TEE ag) (moyenne ± SD)

	Filles (*n*= 13) (kcal/d)	total des participants (*n*= 26) (kcal/day)	P
TEE ah	2303 ± 184	2303 ± 184	
TEE ag (Freedson)		2500 ± 430	NS
TEE ag (Trost)		3218 ± 1223	**
TEE ag (Schmitz)	2900 ± 338		***

La TEE ah (2303 ± 184) était significativement différente de la TEE ag de Trost ($p<0.01$) et de la TEE ag de Schmitz ($p<0.001$). En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre la TEE ah et la TEE ag de Freedson. D'après les résultats, on observe, de manière générale, une surestimation de la TEE ag par rapport à la TEE ah.

La moyenne des différences entre la TEE ag et la TEE ah ainsi que les limites d'agrément sont présentées dans le tableau 4.

Tab. 4 Limites d'agrément entre la dépense énergétique totale de l'Actiheart (TEE ah) et la dépense énergétique totale de l'Actigraph (TEE ag)

	Différence moyenne TEE ah-TEE ag (kcal/jour)	Limites d'agrément (différence moyenne ± 2SD) (kcal/jour)
TEE ag (Freedson)	20.08 ± 320	- 620.4 à 660.6
TEE ag (Trost)	- 698.2 ± 951.2	- 2600.6 à 1204.3
TEE ag (Schmitz)	- 596.8 ± 216.2	- 1029.2 à -164.3

D'après ces résultats, la moyenne des différences entre la TEE ag de Trost et la TEE ah est la plus importante avec -698.2 kcal/jour (limites d'agréments = -2600.6 à 1204.3 kcal/ jour) par rapport à la moyenne des différences entre TEE ag de Schmitz et TEE ah avec (-596.8 kcal/jour (limites d'agréments = -1029.2 à -164.3 kcal/jour), ainsi que TEE ag de Freedson et TEE ah 20.8 kcal/jour (limites d'agréments = -620.4 à 660.6 kcal/jour).

D'après la méthode de Bland et Altman (4,5), pour chaque participant, la différence entre la TEE ah et la TEE ag (TEE ah-TEEag) en fonction de la moyenne ((TEE ah+TEE ag)/2) est représentée graphiquement dans la figure 5. Bland et Altman ont déterminé qu'il existait un agrément entre deux méthodes lorsqu'au moins 95% des points se trouvaient dans les limites d'agrément (± 2SD).

Sur la figure 5a est représenté, par un graphique Bland-Altman, l'agrément de TEE ah et TEE ag de Freedson. D'après la figure, 26 points sur 26 (100%) se trouvent dans les limites d'agrément (±2SD).

Pour l'agrément entre la TEE ah et la TEE ag de Trost (Fig. 5b), 25 des points de l'ensemble des données sur les 26 (96.15%) se trouvent entre les limites d'agrément (±2SD). Un point (3.85%) se trouve au-dessus de +2SD. La figure 5c, concernant exclusivement les filles (n=13), représente l'agrément entre la TEE ah et la TEE ag de Schmitz. D'après le graphique 13 points sur les 13 au total (100%) se trouvent dans les limites d'agrément (±2SD).

En utilisant la limite proposée par Bland et Altman, c'est-à-dire 95% des points à l'intérieur des limites d'agréments (±2SD) pour avoir un agrément, dans les figures 5a, 5b et 5c il y a donc un très bon agrément entre les données TEE ah et les différentes TEE ag. Seul l'agrément entre TEE ah et TEE ag Trost est moins bon puisqu'avec 96%.

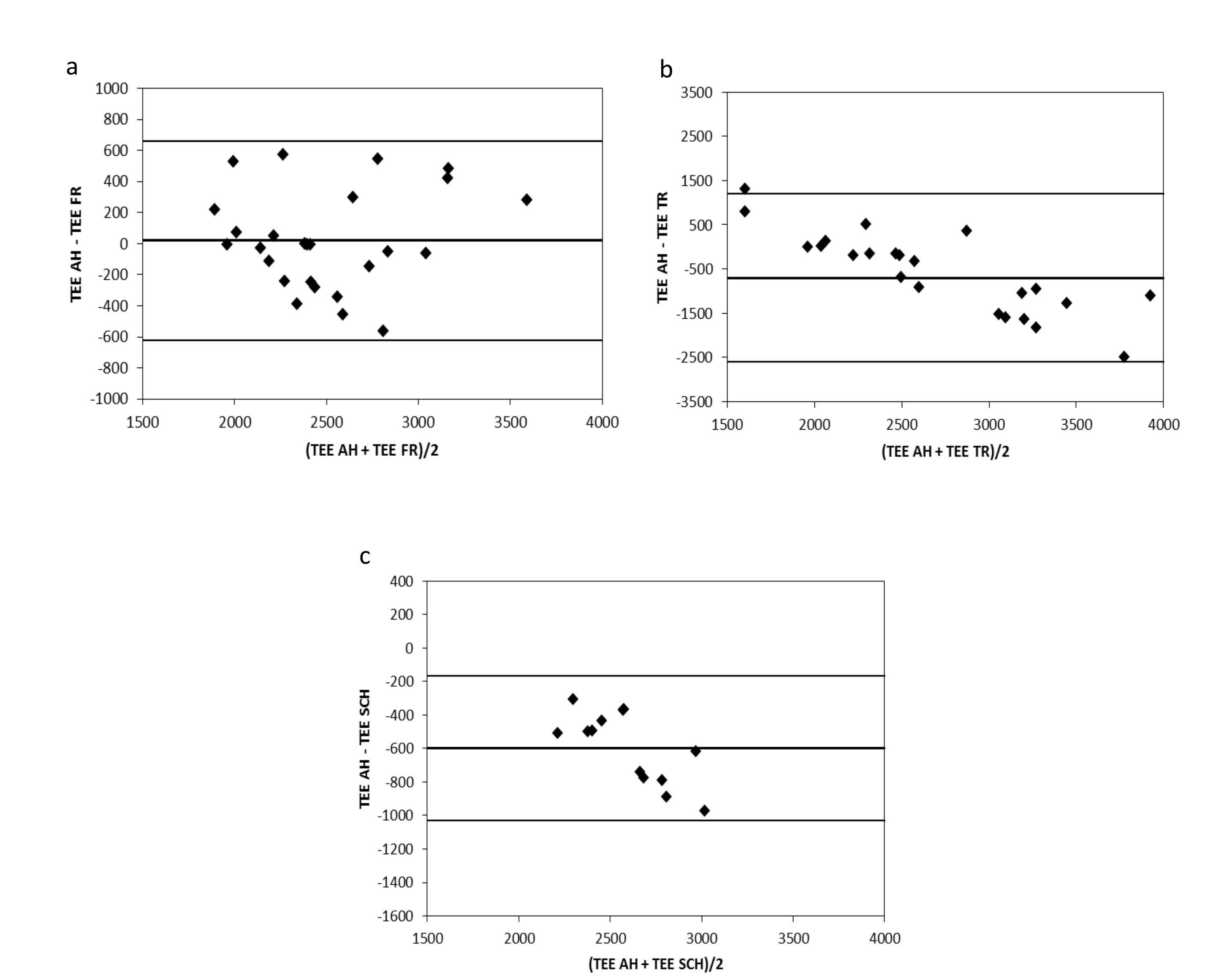


Fig.5 Graphiques Bland-Altman décrivant l'agrément entre TEE ah et TEE ag a) de Freedson, b) de Trost et c) de Schmitz. Les différences de TEE ah et TEE ag sont mises en graphique par rapport à leurs moyennes.

6 Discussion

6.1 Discussion des résultats

L'objectif de ce travail était de reporter les différences entre les résultats des dépenses énergétiques totales journalières obtenus avec l'Actiheart et de celles obtenus avec l'Actigraph après estimation avec trois différentes équations. Il était important de faire des investigations dans ce sens-là puisqu'aujourd'hui il est primordial pour les chercheurs de savoir quelle méthode objective sera la mieux adaptée pour mesurer les dépenses énergétiques chez les enfants et les adolescents, pour les comprendre et pour tenter prévenir l'obésité ou les maladies qui en découlent.

En effet, il existe une augmentation constante de la prévalence de l'obésité, et ce dès le plus jeune âge (63). Le développement de l'obésité, associé avec de multiples complications cardio-métaboliques, est dépendante des paramètres de la balance énergétique, à savoir les apports caloriques et la dépense énergétique. De nos jours, les activités sédentaires tels que la télévision, les jeux vidéo, prennent une place de plus en plus importante dans la vie des enfants et adolescents, réduisant, de ce fait, leur dépense énergétique totale. Ainsi, il semble important de juger des dépenses énergétiques d'enfants-adolescents dans des conditions de vie normale et non en laboratoire.

Il existe des techniques de référence permettant d'évaluer cette dépense énergétique, comme les chambres calorimétriques, l'eau doublement marquée etc. (voir point 2.2). Cependant, ces techniques de laboratoire présentent des limites : accessibilité, coût important, taille des cohortes. Sans rappeler que les exercices sont standardisés et donc ne permettent pas de refléter correctement l'activité physique de nos jeunes. Ainsi, certaines méthodes ont été développées afin de palier à ces difficultés, c'est le cas, par exemple des Actihearts et Actigraphs qui ont été présentés et comparés dans cette étude. Puisque les coûts de chacun de ces

appareils avec leur matériel passe du simple (Actigraph = 1409.- (65)) au double (Actiheart = 3054.- (66)) et que les protocoles accompagnant l'utilisation de ces deux appareils sont très différents, il est indispensable de nos jours de savoir si les résultats obtenus sont différents ou non, afin de faire ses choix pour les investigations.

Dans la recherche sur les dépenses énergétiques des enfants et adolescents jusqu'à aujourd'hui, seule deux études ayant posé le genre de questions mentionnées dans ce travail ont été recensées : celle de Corder et al. en 2005 (11) et en 2007 (12). Trois autres ont été publiées mais elles avaient comme sujets des adultes : Crouter et al. (15), Barreira et al. (3) et Spierer et al. (52). Dans l'étude de Corder et al. de 2005, les mesures ont, tout comme pour la présente étude, étés menée avec des pré-adolescents d'environ 13ans. La seule différence est que leur étude s'est déroulée en laboratoire sur un tapis roulant et non en environnement libre. Pour celle de 2007, la différence majeure est qu'ils ont comparés les résultats seulement durant 6 activités. Pour les trois autres études, chaque fois la conclusion a amené les auteurs à dire qu'une comparaison était difficile due aux différences de protocole (nombres de counts ou l'intervalle de temps choisie etc.)

L'étude présente amène donc de précieux compléments pour répondre à une question qui n'a pas été encore très étudiée.

D'après les résultats, on observe des différences entre les dépenses énergétiques totales journalières obtenus avec l'Actiheart et celles obtenues avec l'accélération de l'Actigraph après estimation de la TEE avec trois équations différentes. Il est ressorti de ces comparaisons qu'avec un agrément de 100% (Bland et Altman) et aucune différence significative des moyennes de TEE, les résultats des mesures faites avec l'Actigraph et estimées avec l'équation de Freedson et al. étaient similaires de ceux obtenus avec l'Actiheart. Avec un agrément de 100% mais une différence moyenne significative ($P<0.01$), les résultats obtenus grâce à l'équation de Trost et al. étaient donc déjà moins proches de ceux obtenus avec l'équation de Freedson et al. En ce qui concerne les résultats obtenus avec l'équation de Schmitz, l'agrément entre les

résultats de l'Actiheart et ceux obtenus avec l'équation de Schmitz et al. étaient également de 100%, mais avec seulement 13 résultats exploitables. De plus, nous avons observé une différence significative des moyennes de TEE, ainsi cette équation semblait être la moins concluante par rapport aux résultats de l'Actiheart.

Ces différents résultats mèneraient donc à dire que pour une étude de terrain, si on utilise l'Actiheart ou l'Actigraph GT3X combiné à l'équation de Freedson et al., on obtiendrait des résultats similaires d'un point de vue statistique.

Considérant ces dires, l'ajout de l'élément cardio fréquencemètre de l'Actiheart n'apporterait donc pas forcément quelque chose de très pertinent pour ce genre d'étude. Mais il ne faut pas oublier qu'en environnement libre, le style d'activité n'est pas contrôlé. Il se pourrait alors qu'en variant le style d'activités (faible à intensive), ou en pratiquant des activités physiques sans mouvements pelviens, les résultats puissent être bien différents d'un groupe d'adolescent à un autre.

Ce résultat n'est pas en accord avec ce que Corder et al. ont publiés en 2005 concernant l'Actiheart (11) puisque dans leur article il semblerait que l'estimation de l'Actiheart est plus proche des valeurs mesurées avec la calorimétrie indirecte que celle obtenue avec l'accélération de l'Actigraph. Mais comme l'étude de Corder et al a été menée en laboratoire et la présente étude en environnement libre, il se peut que la différence qui se dessine entre les deux études soit due à ce facteur. Les quelques différences dans le protocole, comme le BMR estimé à la place d'un BMR mesuré, ou l'intervalle de 15 seconde à la place de 1 minute dans le cas de cette étude, pourraient aussi avoir une influence.

En 2007, Corder et al. ont publié un autre article (12) mais cette fois ci avec des résultats un peu plus en accord avec ceux de cette étude. A nouveau ils utilisent les mêmes appareils, la même tranche d'âge, une des mêmes équations mais à nouveau c'est l'AEE et non la TEE qui est comparée. Ils trouvent alors que les résultats de l'Actigraph avec l'équation de Trost sont agrées avec ceux de l'Actiheart. Les deux autres équations (Freedson et Schmitz) n'ont par contre pas été testées dans leur

étude. Leurs résultats les mènent donc aux mêmes conclusions que cette étude, sur ce point : les résultats entre l'AEE de l'Actigraph avec l'équation de Trost ou ceux de l'Actiheart sont agrées et sont significativement différents. Ils précisent tout de même que les résultats avec l'Actiheart ont moins d'erreurs systématiques (dépendant des activités menées) ce qui est un avantage et surtout en environnement libre. En effet, si l'estimation que fait l'Actiheart est moins dépendante de la sorte d'Activité pratiquée que celle que fait l'Actigraph, alors en environnement libre, le résultat sera plus précis (11,12). Encore une fois, c'est en laboratoire et pour seulement 6 activités que cette étude a été menée, contrairement à la présente étude.

Toujours d'après ce qu'ont montré les résultats obtenus dans l'étude comparative présente, les estimations faites avec les équations de Schmitz et al. ou de Trost et al., seraient significativement différentes de celles de l'Actiheart et il faudrait donc les utiliser avec plus de précautions que celle de Freedson et al. En effet comme l'agrément entre TEE ah et TEE ag de Trost n'est pas autant bon que celui de Freedson, et puisque la différence des moyennes est significative, il ne serait pas judicieux de choisir cette équation pour une mesure chez l'adolescent, en environnement libre. Une mesure avec l'Actigraph combiné avec l'équation de Schmitz semble un mauvais choix puisque la différence entre les moyennes est très significative. Même si l'agrément entre TEE ag de Schmitz et TEE ah était de 100%, avec seulement 13 sujets, il est difficile de validé ce résultat. De plus cette équation ne s'appliquant qu'au sexe féminin, il semble qu'il y ait moins d'intérêt à s'en servir.

Les TEE moyennes présentées au tableau 3 concordent avec les résultats présentés dans différentes études prenant en compte les mêmes tranches d'âge que cette étude. Les études de Roemmich (46) et celle de Harrell (29), obtiennent des résultats de TEE moyennes légèrement plus basses, mais en accord avec cette étude, dans leurs études respectives. Les résultats trouvés dans ces études ont étés mesurés avec l'eau doublement marquée pour Roemmich et un système de calorimétrie indirecte portable pour Harrell. Malheureusement, pour des raisons physiologiques

chez les adolescents déjà mentionnées et pour des raisons de précisions dans les mesures comme expliqué précédemment, il est très difficile d'obtenir des moyennes « standardisées » de la TEE ou même de l'AEE pour cette tranche d'âge. Ceci empêche donc une comparaison des résultats avec une ligne directrice.

Comme attendu, une légère surestimation de la TEE ag par rapport à l'Actiheart a été démontrée par les résultats de cette comparaison. En effet, dans le tableau 3, on voit que la différence des résultats de l'Actigraph, quelle que soit l'équation choisie, est positive par rapport aux résultats trouvé avec l'Actiheart. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés pour l'AEE, dans les seules études ayant abordé la même problématique (11,12). En effet, dans l'article de Corder et al. (2005), lors des comparaisons entre les différentes AEE des différents appareils (Actiheart, Actigraph, Actical et valeurs-control), il a aussi été trouvé que l'Actiheart était le seul à ne pas surestimé la dépense énergétique. Ce qui signifie que l'Actigraph, comme pour les résultats de la présente étude, surestime les dépenses énergétiques (totales ou à l'activité physique) par rapport à l'Actiheart ou à la valeur-control. Dans l'article publié en 2007, Corder et al. ont trouvé une surestimation de l'Actigraph durant les activités sédentaires (couché, être assis), ce qui pourrait expliquer pourquoi les résultats concernant la TEE, dans cette étude, sont surestimés par rapport à l'Actiheart.

Néanmoins, lors de l'interprétation de ces résultats, il faut garder en tête un certain nombre de paramètres qui ont pu influencer les résultats présentés.

Tout d'abord il est important de noter que ces résultats incluaient seulement 26 sujets pour la comparaison de TEE ah avec TEE ag de Freedson et de Trost, et encore moins (seulement 13 sujets) pour la comparaison avec TEE ag de Schmitz. Dû à un nombre de résultats aussi limités pour Schmitz, il est très délicat d'affirmer une généralité concernant les filles ou concernant cette équation. Le nombre de participants pour Freedson et Trost est correct pour une étude de ce type, mais on sait que les différences de composition corporelle entre les filles et les garçons, ou entre les 12-13 et 14ans sont significatives (32) et donc, qu'il est aussi très délicat

d’affirmer que ce sont des résultats généralisables. Il est vrai qu’avec moins de 5 représentants par genre et par classe d’âge, les résultats ne peuvent pas être interprétés avec trop de certitudes.

Il faut ensuite prendre en compte le fait que plus de la moitié des mesures de cette étude ont étés menées durant les vacances scolaires, afin d’éviter aux enfants de manquer les cours pour la première matinée en laboratoire. Il en découle tout d’abord un manque d’activité physique général et ensuite, puisque les conditions météorologiques ne permettaient pas de pratiquer des activités sportives à l’extérieur, il en découle un accroissement des journées à la maison devant la télévision. Seuls les enfants ayant bénéficié d’une semaine en montagne ont pu pratiquer des activités à l’extérieur comme le ski. Une sous-estimation générale des dépenses énergétiques de cette étude (Actiheart et Actigraph) pourrait donc être due à ce contexte spécifique ainsi que des différences importantes entre les enfants.

Pour finir, le BMR ajouté aux différentes mesures de l’Actigraph ou de l’Actiheart est un BMR évalué par la méthode de Schofield (50). Puisque dans cette étude, aucun résultat de référence n’a été mesuré (eau doublement marquée ou calorimétrie indirecte par exemple) il n’est pas exclu que ces résultats surestiment ou sous-estiment une partie des résultats individuels.

La lecture des journaux de bords a pu confirmer que certain de ces paramètres avaient une influence plutôt conséquente chez certains sujets et moins chez d’autre. Par exemple lorsque plusieurs sujets ont écrit qu’ils étaient restés toute la matinée au lit, il a été considéré que ce n’était pas habituel pour un enfant de cet âge et que donc, le facteur vacances et le facteur météorologique avait eu une influence sur leurs habitudes.

De façon secondaire, les résultats de cette étude montrent également que seul 41.9% des participants ont respecté les règles de porter l’Actigraph 7/7 jours dès le réveil et jusqu’au coucher. Un résultat assez bas qui ne dépend pas forcément de la volonté mais aussi du sérieux que des adolescents peuvent avoir à cet âge. En

prenant en compte les plaintes des investigateurs à ce sujet avec la littérature (58), qui rappellent régulièrement qu'un des problèmes majeurs reste le respect des consignes données aux sujet, obtenir 41% de résultats utilisables n'est pas si mauvais. Dans la littérature, des méthodes sont même proposées pour rappeler aux enfants de porter leurs appareils (58) afin de palier à ce problème.

6.2 Discussion des différents choix

Le choix de ne comparer que les TEE a été fait à la suite du traitement des résultats. L'AEE étant part entière de la dépense énergétique totale, elle a aussi été calculée avec l'aide de chaque équation. Cette dernière n'a pourtant pas été prise en compte dans la comparaison entre autre puisqu'elle était dépendante d'un calcul incluant le métabolisme de base (BMR) et était donc influencée dans ce cas par une évaluation de Schofield (50) à la place du souhaité « BMR mesuré ». Les résultats de deux des équations (Puyau et Trost) contenant des aberrations ont confirmés les décisions, puisque les moyennes oscillaient entre 1300kcal/jour pour Trost et al. et 30kcal/ jour pour Puyau et al. alors que d'après le rapport de Hoos et al. (2003) (32) les différentes études ont montré que l'AEE moyenne pour les 12 à 14 ans se trouverait plutôt aux alentours de 700kcal-1000kcal par jour. Ces résultats ne faisaient que confirmer l'illogisme des résultats obtenus avec Puyau dans le cadre de cette étude.

L'équation de Puyau et al. ayant été de toute manière retirée de la comparaison pour des raisons énumérées plus loin, il ne restait donc plus que l'AEE moyenne de Schmitz qui aurait permis une comparaison. L'écart type qui était de 300kcal/jour, supportait alors l'idée que ce n'était pas une bonne solution de comparer les différentes AEE dans le cadre de ce travail. De plus, l'AEE se calculant avec comme base la TEE à laquelle est retiré 10% de la TEE et le BMR mesuré, une comparaison des différentes TEE apportait déjà une information suffisamment pertinente pour un travail de master.

Le choix des équations de Trost, Freedson et Schmitz ont été fait d'après la littérature. En effet, ces différentes équations ont étés non seulement utilisées à de nombreuses reprises pour des études de l'activité physique chez les adolescents, mais elles ont aussi étés contrôlées dans plusieurs publications (59,17).

- L'équation de Trost a été validée pour estimer la participation dans l'activité physique modérée et vigoureuse (59,56) mais a aussi été utilisée par Ekelund pour comparer et finalement valider sa propre équation (22,23). A été régulièrement conseillée dans le domaine de la recherche sur l'activité chez les jeunes en France.

- L'équation de Freedson a été utilisée et validée par plusieurs études (59,17). Elle est considérée comme valide pour l'activité physique modérée à vigoureuse (59). Le seul point négatif de cette équation est que l'unité de mesure utilisée est les METs (26,27). En effet les recherches de ces dernières années ont montré qu'il se pourrait qu'à certains âges, appliquer les valeurs en METs chez les enfants mènent à des erreurs d'estimation (1,29).

- L'équation de Schmitz ne concerne que les adolescentes. Elle a été validée par études dont celle de Crouter et al. de cette année (17) qui a comparé et validé les autres. Elle n'obtient de loin pas les meilleurs résultats quant à sa précision mais reste valide.

Même si les trois équations ont été validées, ceci reste sous réserve, puisqu'il est aussi mentionné dans les discussions qu'elles sous-estiment toutes un peu les activités modérées à vigoureuses et surestiment toutes un peu les activités sédentaires (59,17). Les trois équations prenaient en compte la DIT dans le calcul de la TEE ou de l'AEE et étaient donc comparables avec l'équation utilisée pour l'Actiheart, c'est-à-dire :

- $TEE \cdot 0.9 - BMR = AEE$.

Le choix de retirer de la comparaison l'équation de Puyau et al., pourtant présentée dans le tableau 1, s'est faite suite aux critères suivants: dans l'article de Puyau et al., l'équation présentée a été formulée d'après une observation sur une population d'enfants et adolescents âgés entre 6ans et 16ans, le calcul de l'AEE se faisait sans prendre en compte les 10% de DIT et les résultats en négatifs qui paraissaient aberrants.

Tout d'abord, la population trop large qu'englobe cette équation ne promet pas de résultats précis, lorsqu'on sait qu'un enfant de 6ans dépense en moyenne entre 80-100 kcal/jour à l'activité et entre 1100-1200 pour son métabolisme de base contre 700-1000 kcal/ jour pour l'AEE et 1500-1700 kcal/jour pour le métabolisme d'un adolescent de 16ans (32). Il va sans dire qu'avec des variations significatives d'un sexe à l'autre et d'une année à l'autre dues à la composition corporelle, au stade pubertaire ou à la croissance par exemple (29,32,46), il n'est pas précis d'utiliser une équation englobant une population aussi large et aussi différente. Ensuite, l'équation se basant sur un calcul de TEE n'incluant pas les 10% de DIT (44), sa comparaison avec les résultats des autres équations ou de l'Actiheart, qui eux, contenaient les 10%, ne pouvait pas être menée à bien. Pour finir, les résultats obtenus lors des calculs avec utilisation de cette équation étaient négatifs. Ce qui, dans le cadre d'une recherche sur les « dépenses » énergétique, ne faisait aucun sens. Malheureusement, rien n'a été trouvé dans la littérature qui ait pu éclairer ce problème de négativité.

Le choix de retirer la seconde équation de l'Actiheart, qui avait normalement aussi été planifié de comparer, a été pris suite aux analyses statistiques. En effet les résultats de l'Actiheart mesuré grâce à une équation donnée dans le software et censée être adaptée pour les enfants ne semblaient être aberrants. Les résultats obtenus étaient largement sous-estimés et ne semblaient pas utilisables. Cette sous-estimation pourrait provenir d'une erreur due à l'équation utilisée pour estimer la dépense énergétique d'après les counts/min, qui était dans ce cas, combinée avec un step test calculé avec une équation pour les adultes. La combinaison semblant

étrange, et suite aux analyses statistiques démontrant des résultats non cohérents, il a été décidé de retirer ces résultats.

En 2012, Scott E. Crouter, M. Horton et D. R Bassett Jr ont publié deux modèles d'équation pour l'Actigraph GT3X afin de prédire la dépense énergétique chez les adolescents (16). Ces équations prennent en compte les 3 axes de l'appareil et considèrent chaque 10secondes avec des paliers indiquant à quelle intensité correspondent ces 10secondes. De cette manière, la précision individuelle est améliorée. La décision de ne pas prendre ces deux équations en compte résulte du temps et des logiciels à disposition pour un travail de Master en Sciences.

6.3 Points forts et limites du travail

Ce travail a comparé deux appareils très utilisés de nos jours en recherche (Actiheart et Actigraph GT3X) pour une population (pré)-adolescente en environnement libre. Lors de cette comparaison, il a encore été comparé trois différentes méthodes de prédiction, spécifiques aux enfants, pour l'utilisation avec l'Actigraph. Ce travail est la seule recherche analysant la question de la comparaison directe, chez les (pré)-adolescents, en environnement libre. En effet mis à part deux autres études (11,12), mais qui ont testés les appareils en laboratoires avec des tests standardisés et des exercices imposés, il n'existe aucune étude comparable à la présente investigation.

En environnement libre, les résultats obtenus sont certaines fois moins précis, mais il est primordial que cela se fasse de cette manière si l'on veut réellement comprendre les raisons de l'obésité croissante chez cette population. En effet, il n'y a que durant une semaine de vie normale chez un adolescent qu'il sera possible de réellement calculé combien de temps il passe à pratiquer de l'activité physique et à quelle intensité. Les laboratoires ont de nombreux autres désavantages que de ne pas reproduire ce qui se passe dans la vie réelle d'un sujet, il y a aussi des coûts et des protocoles lourds à respecter. Pour ce travail, il était donc fondamental de mener les recherches en environnement libre, ce qui est un atout.

La tranche d'âge restrictive et le nombre de participants ayant portés l'Actiheart sur 7 jours entiers est une réussite pour un travail de master. Même si les résultats comparables avec l'Actigraph sont retombés à 26 après « nettoyage », les données récoltées secondes par secondes durant certaines journées sont toujours exploitables.

De plus, ce travail a enfin permis de créer une base de données conséquente et précise concernant les adolescents entre 12 et 14 ans en suisse romande. La comparaison n'a certes pas menée à une conclusion qui permet de choisir un appareil ou l'autre mais permets d'avertir les utilisateurs et futurs chercheurs de l'importance de certains détails, et de montrer que la différence est significative.

Même si le protocole et le tout était bien préparé, il est vrai que ce travail contient quelques inconsistances, dû entre autres à un manque d'expérience des investigatrices.

La machine qui aurait dû être utilisée pour les mesures du BMR ne fonctionnait pas de manière correcte, ce qui n'a pas été remarqué durant les prises de mesures. La marge d'erreur avec un résultat dit « normal » n'était pas astronomique et n'a donc pas été remarquée directement. Lorsque l'erreur a été décelée, 95% des sujets avaient déjà terminé l'expérience et il était donc impossible de recommencer le tout. De cette erreur a découlé une faiblesse regrettable : les résultats sont travaillés avec une estimation du métabolisme de base et non un métabolisme de base mesuré. En effet, avec des résultats mesurés, la précision de chaque résultat et de la comparaison en elle-même auraient été augmentés d'un énorme pourcentage.

Une faiblesse de ce travail est aussi de n'avoir pas eu assez de temps et les capacités nécessaires pour contrôler les toutes nouvelles équations de Crouter et al. (16). Il aurait en effet été intéressant de contrôler les dires de la littérature (16,17), qui insinuent qu'une mesure avec l'Actigraph GT3X utilisée avec une des nouvelles équations de Crouter serait plus ou moins aussi précise que celle de l'Actiheart ou celle de la calorimétrie indirecte.

Le non-respect des consignes données par les investigatrices est aussi une faiblesse certaine de cette étude puisqu'il a rendu l'échantillonnage des sujets trop concis pour en faire des généralités. Le fait que seules 26 sujets sur les 63 recrutés aient porté leurs Actigraph correctement chaque jour durant les heures de réveil ne permet au final qu'une comparaison de qualité très amoindrie. Dans le cas du journal de bord, le même problème a été décelé. En effet, seule la moitié des journaux de bord ont été correctement remplis d'après les consignes. Ceci a donc rendu impossible l'utilisation du journal pour accompagner la comparaison et aider à définir les différences d'estimation de la dépense énergétique.

6.4 Perspectives de nouvelles questions de recherche

Les études sur les dépenses énergétiques chez les jeunes en environnement libre ne sont pas nombreuses par rapport à la taille du problème auquel la société d'aujourd'hui fait face. Dans le cadre d'études plus poussées et pour poursuivre dans le sens de ce travail, il faudrait ajouter un BMR mesuré aux résultats présentés dans cette étude et si possible comparer les nouvelles équations de Crouter.

Comme le seul moyen d'avoir des rapports précis sur les dépenses de nos jeunes en milieu scolaire familiale et lors de leur temps libre, restera toujours de les mesurer en environnement libre, les directions futures sont les suivantes :

- Valider les nouvelles équations de Crouter, puisqu'elles semblent être la dernière nouveauté et les comparer en environnement libre avec d'autres équations

- Comparer l'Actiheart et l'Actigraph avec des résultats mesurés tels la calorimétrie indirecte ou l'eau doublement marquée, mais en l'environnement libre.

- Valider et comparer les différentes équations développées pour l’Actiheart, afin de trouver une équation et un step test mieux adaptés pour les adolescents.

7 Conclusion

Pour mesurer la dépense énergétique totale d’un (pré-)adolescent en environnement libre, l’Actigraph, lorsqu’il est utilisé avec l’équation de Freedson et al., amène à des estimations similaires à celles amenées par l’Actiheart. Les résultats de l’Actigraph, qu’ils aient été estimés avec l’une ou l’autres des équations montrent une surestimation des dépenses énergétiques par rapport à l’Actiheart. Les résultats de l’Actigraph estimés avec chacune des trois équations sont agréés avec les résultats estimés par l’Actiheart. Avec les équations de Trost et al. et de Schmitz et al., les résultats sont significativement différents. Trost avec une significativité de P>0.001 et Schmitz avec une significativité de P>0.0001.

Si l’équation de Trost et al. est utilisée pour estimer la dépense énergétique totale avec l’accélération de l’Actigraph, alors les résultats sont légèrement surestimés par rapport à l’Actiheart. Comme l’Actiheart a été validé par de nombreuses études et obtient des résultats proches des valeurs-control, il semble que l’Actigraph utilisé avec cette équation surestime donc les dépenses énergétiques. L’équation de Schmitz et al. a été validée pour les filles auparavant. Si elle est utilisée pour prédire la dépense énergétique avec l’Actigraph, les résultats sont surestimés par rapport à l’Actiheart.

Il semble donc que les deux méthodes donnent des résultats similaires dans le cas où l’on utilise l’équation la plus adaptée à la population étudiée. D’après cette étude, pour faire des investigations avec des enfants entre 12 et 14 ans, en environnement libre, il n’y aurait pas eu d’incidence d’utiliser l’Actiheart ou l’Actigraph pour estimer les dépenses énergétiques totales. En ajoutant à cette étude un BMR mesuré, les

résultats pour les dépenses énergétiques à l’activité physique auraient également pu être contrôlés.

L’Actiheart semble être un appareil plus adapté pour les études se focalisant sur les enfants ou les adolescents puisqu’il est porté 24/24 heures et qu’il ne faut pas l’enlever pour les activités aquatiques. Cela est en effet un atout certain pour cette méthode puisque le non-respect des règles est ainsi évité. Avec 41.9% de sujets ayant réellement respecté les règles données par les investigatrices concernant le port de l’Actigraph, cette étude ne fait que confirmer que cet appareil, demande de l’investissement et un sérieux qui ne sont pas applicables si aisément par cette génération. Même s’il est moins coûteux et plus facilement calibré que l’Actiheart, l’Actigraph semble donc être un appareil moins adapté aux études de terrain avec les jeunes.

8 Remerciements

Je tiens ici à remercier toutes les personnes ayant de près ou de loin participer et amener leur aide précieuse à l'élaboration de ce travail.

(*Par ordre alphabétique*)

Isacco Laurie, chercheuse pour l'UNIFR, pour sa disposition, son soutien tout au long de l'étude et son aide pour l'analyse statistique des résultats.

L'Université de Fribourg et la Haute Ecole Fédérale du Sport de Macolin pour l'encadrement, tout le matériel mis à disposition pour l'étude et leur confiance respective.

Melzer Katharina, conseillère et référence pour l'élaboration de ce travail, pour l'encadrement général de cette étude.

Perroud Claudine, directrice du CO du Belluard à Fribourg, et tous les professeurs de classe, pour la mise à disposition des participants à l'étude.

Rebetez Maurice, directeur de l'école primaire du Tilleul à Bienne, et tous professeurs de classe, pour la mise à disposition des participants à l'étude.

Ruch Nicole, collaboratrice à l'HEFSM, pour l'encadrement avant le retour de Madame Melzer et son aide pour tout ce qui se rapportait à l'Actigraph.

Stolz Joseline, et les professeurs de classe de l'école primaire du Marché-Neuf à Bienne, pour la mise à disposition des participants à l'étude.

Vial Anne-Julie, collaboratrice, pour la rédaction de la demande éthique, pour sa disponibilité et son aide à la collecte de données.

Enfin, je tenais à remercier tout particulièrement les 62 participants à cette étude.

9 Index des abréviations

Abréviation	Signification Angl.	Signification Fr.	Abréviation Fr.
AEE	Activity Energy Expenditure	Dépense Enérgétique à l'Activité	DEA
BMR	Basal Metabolic Rate	Niveau Métabolique au repos (Métabolisme de base)	NMR
DIT	Dietary Induced Thermogenesis	Thermogénèse Induite par l'Alimentation	TIA
NHANES	National Health and Nutrition Examination Survey	Enquête d'Examination Nationale de la Santé et de la Nutrition	
PAL	Physical Activity Level	Niveau d'Activité Physique	NAP
TEE	Total Energy Expenditure	Dépense Energétique Totale	DET

10 Bibliographie

10.1 Articles

1. Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Herrmann, S. D., Meckes, N., Bassett, D. R., Tudor-Locke, C., ... & Leon, A. S. (2011). 2011 compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *43*(8), 1575-1581.
2. Assah, F. K., Ekelund, U., Brage, S., Wright, A., Mbanya, J. C., & Wareham, N. J. (2011). Accuracy and validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living physical activity energy expenditure in adults in Cameroon. *International journal of epidemiology*, *40*(1), 112-120.
3. Barreira, T. V., Kang, M., Caputo, J. L., Farley, R. S., Renfrow, M. S. (2009). Validation of the Actiheart Monitor for the Measurement of Physical Activity. *Int J Exerc Sci*, Vol. 2, No. 1, S60
4. Bland, J. M, & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*, *327*(8476), 307-310
5. Bland, J. M., & Altman, D. G. (2003). Applying the right statistics: analyses of measurement studies. *Ultrasound in obstetrics & gynecology*, *22*(1), 85-93.
6. Bornstein, D. B., Beets, M. W., Byun, W., Welk, G., Bottai, M., Dowda, M., & Pate, R. (2011). Equating accelerometer estimates of moderate-to-vigorous physical activity: In search of the Rosetta Stone. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(5), 404-410.
7. Brage, S., Brage, N., Franks, P. W., Ekelund, U., & Wareham, N. J. (2005). Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *European Journal of Clinical Nutrition*, *59*(4), 561-570.
8. Butte, N. F., Wong, W. W., Adolph, A. L., Puyau, M. R., Vohra, F. A., & Zakeri, I. F. (2010). Validation of cross-sectional time series and multivariate adaptive regression splines models for the prediction of energy expenditure in children and adolescents using doubly labeled water. *The Journal of nutrition*, *140*(8), 1516-1523.
9. Calabró, M. A., Welk, G. J., & Eisenmann, J. C. (2009). Validation of the SenseWear Pro Armband algorithms in children. *Med Sci Sports Exerc*, *41*(9), 1714-20.
10. Campbell, N., Prapavessis, H., Gray, C., McGowan, E., Rush, E., & Maddison, R. (2012). The Actiheart in Adolescents: A Doubly Labelled Water Validation. *Pediatric exercise science*, *24*(4), 589.

11. Corder, K., Brage, S., Wareham, N. J., & Ekelund, U. (2005). Comparison of PAEE from combined and separate heart rate and movement models in children. *Medicine and science in sports and exercise*, *37*(10), 1761.
12. Corder, K., Brage, S., Mattocks, C., Ness, A., Riddoch, C., Wareham, N. J., & Ekelund, U. (2007). Comparison of two methods to assess PAEE during six activities in children. *Medicine and science in sports and exercise*, *39*(12), 2180-2188.
13. Corder, K., Brage, S. R., Ramachandran, A., Snehalatha, C., Wareham, N., & Ekelund, U. (2007). Comparison of two Actigraph models for assessing free-living physical activity in Indian adolescents. *Journal of sports sciences*, *25*(14), 1607-1611.
14. Corder, K., Ekelund, U., Steele, R. M., Wareham, N. J., & Brage, S. (2008). Assessment of physical activity in youth. *Journal of Applied Physiology*, *105*(3), 977-987.
15. Crouter, S. E., Churilla, J. R., & Bassett, D. R. (2007). Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *European Journal of Clinical Nutrition*, *62*(6), 704-711.
16. Crouter, S. E., Horton, M., & Bassett Jr, D. R. (2012). Use of a 2-Regression Model for Estimating Energy Expenditure in Children. *Medicine and science in sports and exercise*, *44*(6), 1177.
17. Crouter, S. E., Horton, M., & Bassett Jr, D. R. (2013). Validity of ActiGraph Child-Specific Equations during Various Physical Activities. *Medicine and science in sports and exercise*.
18. Dencker, M., Thorsson, O., Karlsson, M. K., Lindén, C., Eiberg, S., Wollmer, P., & Andersen, L. B. (2007). Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8–11 years. *European journal of applied physiology*, *99*(1), 19-26.
19. De Onis, M., Blössner, M., (2000). Prevalence and Trends of Overweight Among Preschool Children in Developping Countries. American J Clin Nutr, 2000; 72:1032-9
20. De Onis, M., Blössner, M., Borghi, E. (2010). Global Prevalence and Trends of Overweight and Obesity Among Preschool Children. *American J Clin Nutr*, 2010; 92:1257-64
21. Dietz, W. H. (1998). Health consequences of obesity in youth: childhood predictors of adult disease. *Pediatrics*, *101*(Supplement 2), 518-525.
22. Ekelund, U., Sjostrom, M., Yngve, A., Poortvliet, E., Nilsson, A., Froberg, K., & Westerterp, K. (2001). Physical activity assessed by activity monitor and doubly labeled water in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(2), 275-281.

23. Ekelund, U., Åman, J., & Westerterp, K. (2003). Is the ArteACC Index a Valid Indicator of Free-Living Physical Activity in Adolescents?. *Obesity research*, *11*(6), 793-801.

24. Eston, R. G., Rowlands, A. V., & Ingledew, D. K. (1998). Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *Journal of Applied Physiology*, *84*(1), 362-371.

25. Evenson, K. R., Catellier, D. J., Gill, K., Ondrak, K. S., & McMurray, R. G. (2008). Calibration of two objective measures of physical activity for children. *Journal of sports sciences*, *26*(14), 1557-1565.

26. Freedson, P. S., Melanson, E., & Sirard, J. (1998). Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, *30*(5), 777-781.

27. Freedson, P., Pober, D., & Janz, K. F. (2005). Calibration of accelerometer output for children. *Medicine and science in sports and exercise*, *37*(11), S523.

28. Hänggi, J. M., Phillips, L. R., & Rowlands, A. V. (2012). Validation of the GT3X ActiGraph in children and comparison with the GT1M ActiGraph. *Journal of Science and Medicine in Sport*.

29. Harrell, J. S., McMurray, R. G., Baggett, C. D., Pennell, M. L., Pearce, P. F., & Bangdiwala, S. I. (2005). Energy costs of physical activities in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc*, *37*(2), 329-36.

30. Hendelman, D., Miller, K., Baggett, C., Debold, E., & Freedson, P. (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(9; SUPP/1), S442-S449.

31. Hind K, Oldroyd B, Truscott JG (2011). *In vivo precision of the GE Lunar iDxA densitometer for the measurement of total body composition and fat distribution in adults*. Eur J Clin Nutr 65, 140-142.

32. Hoos, M. B., Gerver, W. J. M., Kester, A. D., & Westerterp, K. R. (2003). Physical activity levels in children and adolescents. *International journal of obesity*, *27*(5), 605-609.

33. Janz, K. F. (1994). Validation of the CSA accelerometer for assessing children's physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. S369-375

34. Leenders, N. Y. J. M., Sherman, W. M., & Nagaraja, H. N. (2000). Comparisons of four methods of estimating physical activity in adult women. Medicine and Science in Sports and Exercise, 32(7), 1320-1326.

35. Leenders, N. Y. J. M., Sherman, W. M., Nagaraja, H. N., & Kien, C. L. (2001). Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(7), 1233-1240.

36. Livingstone, M. B. E, (2001). Childhood obesity in Europe: a growing concern. *Public Health Nutrition* 4 (1a), 109-116

37. Livingstone, M. B. E., McCaffrey, T. A., & Rennie, K. L. (2006). Childhood obesity prevention studies: lessons learned and to be learned. *Public health nutrition*, *9*(8), 1121-1129.

38. Masse, L. C., Fuemmeler, B. F., Anderson, C. B., Matthews, C. E., Trost, S. G., Catellier, D. J., & Treuth, M. A. R. G. A. R. I. T. A. (2005). Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(11), S544.

39. Mattocks, C., Ness, A.R., Leary S.D, Tilling K., Blair S.N. , (2008). Use of Accelerometers in a Large Field-Based Study of Children: Protocols, Design Issues, and Effects on Precision. *Journal of Physical Activity and Health*, 5 (supplement 1), 98-111

40. Molnár, D., & Livingstone, B. (2000). Physical activity in relation to overweight and obesity in children and adolescents. *European journal of pediatrics*, *159*(1), S45-S55.

41. Must, A., & Strauss, R. S. (1999). Risks and consequences of childhood and adolescent obesity. *International journal of obesity and related metabolic disorders: journal of the International Association for the Study of Obesity*, *23*, S2-11.

42. Ogden, C.L., Carroll, M.D., Kit, B.K., Flegal, K.M., (2012). Prevalence of Obesity and Trends in Body Mass Index Among US Children and Adolescents, 1999-2010. *American Medical Association JAMA*, Vol 307, No. 5 , 483-490

43. Prince, S., Adamo, K., Hamel, M., Hardt, J., Gorber, S., & Tremblay, M. (2008). A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *5*(1), 56.

44. Puyau, M. R., Adolph, A. L., Vohra, F. A., & Butte, N. F. (2002). Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obesity research*, *10*(3), 150-157.

45. Riddoch, C. J., Mattocks, C., Deere, K., Saunders, J., Kirkby, J., Tilling, K., ... & Ness, A. R. (2007). Objective measurement of levels and patterns of physical activity. *Archives of disease in childhood*, 92(11), 963-969.

46. Roemmich, J. N., Clark, P. A., Walter, K., Patrie, J., Weltman, A., & Rogol, A. D. (2000). Pubertal alterations in growth and body composition. V. Energy expenditure, adiposity, and fat distribution. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, *279*(6), E1426-E1436.

47. Rothney, M. P., Apker, G. A., Song, Y., & Chen, K. Y. (2008). Comparing the performance of three generations of ActiGraph accelerometers. *Journal of Applied Physiology*, *105*(4), 1091-1097.

48. Sasaki, J. E., John, D., & Freedson, P. S. (2011). Validation and comparison of ActiGraph activity monitors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*(5), 411-416.

49. Schmitz, K. H., Treuth, M., Hannan, P., McMurray, R., Ring, K. B., Catellier, D., & Pate, R. (2005). Predicting energy expenditure from accelerometry counts in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise*, *37*(1), 155.

50. Schofield, W. N. (1984). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human nutrition. Clinical nutrition*, *39*, 5-41.

51. Sirard, J. R., Trost, S. G., Pfeiffer, K. A., Dowda, M., & Pate, R. R. (2005). Calibration and evaluation of an objective measure of physical activity in preschool children. *Journal of physical activity and health*, *2*(3), 345-357.

52. Spierer, D. K., Hagins, M., Rundle, A., & Pappas, E. (2011). A comparison of energy expenditure estimates from the Actiheart and Actical physical activity monitors during low intensity activities, walking, and jogging. *European journal of applied physiology*, *111*(4), 659-667.

53. Swartz, A. M., Strath, S. J., Bassett, D. R., O Brien, W. L., King, G. A., & Ainsworth, B. E. (2000). Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(9; SUPP/1), S450-S456.

54. Treuth, M. S., Adolph, A. L., & Butte, N. F. (1998). Energy expenditure in children predicted from heart rate and activity calibrated against respiration calorimetry. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, *275*(1), E12-E18.

55. Troiano, R. P. (2005). A timely meeting: objective measurement of physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(11), S487.

56. Trost, S. G., Ward, D. S., Moorehead, S. M., Watson, P. D., Riner, W., & Burke, J. R. (1998). Validity of the computer science and applications (CSA) activity monitor in children. *Medicine and science in sports and exercise*, *30*(4), 629-633.

57. Trost, S. G. (2001). Objective measurement of physical activity in youth: current issues, future directions. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *29*(1), 32-36.

58. Trost, S. G., McIver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*(11), S531.

59. Trost, S. G., Way, R., & Okely, A. D. (2006). Predictive validity of three ActiGraph energy expenditure equations for children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *38*(2), S380-387.

60. Wang, Y., Lobstein, T., (2006). Worldwide Trends in Childhood Overweight and Obesity. Int J Ped Obesity; 1: 11-25

61. Welk, G. J., Blair, S. N., Wood, K., Jones, S., & Thompson, R. W. (2000). A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine and science in sports and exercise*, *32*(9; SUPP/1), S489-S497.
62. Welk, G. J., Schaben, J. A., & Morrow, J. R. (2004). Reliability of accelerometry-based activity monitors: a generalizability study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(9), 1637-1645.

10.2 Livre et manuel

63. Van Praagh E. (2007). Physiologie du Sport : enfant et adolescent. Chapitre 2: L'activité physique chez l'enfant et l'adolescent (pp. 17-47). Bruxelles, De Boeck
64. Actiheart User Manual 4.0.35 (Jan 2010) and Actiheart Guide to Getting Started 4.0.37 (Apr 2010)

10.3 Sites internet

65. ActiGraph (2013), site commercial
http://www.actigraphcorp.com/products/gt3x-monitor/
Consulté le 05.07.2013
66. π Protech international inc. (2013), site commercial
http://www.protechinternational.com/store/index.php?cPath=34_107_108
Consulté le 05.07.2013

10.4 Figures

67. Figure 1, p. 23, Actiheart User Manual 4.0.35 (Jan 2010) and Actiheart Guide to Getting Started (Apr 2010)
68. Figure 2, p. 25, ActiGraph (2013), site commercial
http://www.actigraphcorp.com/products/gt3x-monitor/
Consulté le 05.07.2013
69. Figure 3, p26, ActiGraph (2013), site commercial
http://www.actigraphcorp.com/support/devices/gt3x/
Consulté le 05.07.2013

11 Liste des tableaux

TABLEAU 1 *Présentation des modèles de prédiction de la dépense énergétique totale pour les mesures de l'Actigraph*...31

TABLEAU 2 *Caractéristiques descriptives des participants*..32

TABLEAU 3 *Dépense énergétique totale de Actiheart (TEE AH) comparée avec dépense énergétique totale de l'Actigraph (TEE ag) (moyenne ± SD)* 33

TABLEAU 4 *Limites d'agrément entre la dépense énergétique totale de l'Actiheart (TEE ah) et la dépense énergétique totale de l'Actigraph (TEE ag)* 33

12 Liste des figures

FIGURE 1 Positionnements possibles de l'Actiheart sur le sujet 23

FIGURE 2 Positionnement de l'Actigraph GT3X sur le sujet 25

FIGURE 3 ActiGrpah GT3X 26

FIGURE 4 Actiheart 27

FIGURE 5 Graphiques Bland-Altman 35

13 ANNEXES

13.1 Annexe I : Flyer de recrutement

Etude : la dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes

Recherchés :

Adolescents en bonne santé



L'Université de Fribourg a mis sur pied depuis quelques années une étroite collaboration avec la Haute Ecole Fédérale du Sport de Macolin (HEFSM) afin d'offrir une formation complète dans le domaine du sport et des sciences du mouvement. Grâce à cette collaboration, nous avons l'occasion, dans le cadre de notre travail de Master, de profiter de moyens de recherches poussés pour réaliser une étude liée au domaine de la santé. Nous sommes donc à la recherche **d'adolescents en bonne santé, âgés de 12 ans,** qui seraient prêts à participer en tant que sujets à notre étude sur les dépenses énergétiques des adolescents.

Buts de l'étude

Notre étude a pour objectif d'approfondir nos connaissances sur les dépenses énergétiques liées aux activités physiques et à la composition corporelle chez les adolescents âgés de 12 à 14 ans. Ces nouvelles informations pourront par la suite être utiles à de nombreux chercheurs dans le domaine de la santé afin de limiter le surpoids et ses conséquences, phénomène croissant depuis un certain nombre d'années.

Conditions de participation

Nous recherchons des sujets adolescents masculins et féminins de 12 ans en bonne santé et suffisamment intéressés par notre projet. **L'accord parental est indispensable.**

Déroulement

Si votre enfant décide de prendre part à notre étude, il se déplacera durant une matinée à Macolin afin de mesurer son métabolisme de base ainsi que sa composition corporelle. Il devra également porter deux petits appareils qui mesurent sa dépense énergétique durant une semaine. Il aura ainsi l'occasion de découvrir comment se déroule une étude expérimentale.

Lieu et date de mesures

Votre enfant devra se déplacer une fois à Macolin pour faire des mesures durant une matinée, soit par transport public (remboursé) ou par ses propres moyens (transport avec les parents). La matinée de mesures aura lieu selon votre choix soit durant les vacances, le lundi **8 avril**, le mardi **9 avril** ou le vendredi **19 avril** 2013.

Protection des données

Nous accordons une grande importance à la confidentialité des données personnelles.

Inscription

Si votre enfant est intéressé à prendre part à notre étude, nous vous invitons à venir assister à l'une des petites séances d'information proposées ci-dessous (enfant + parents). Nous aurons ainsi l'occasion de vous présenter notre étude plus en détails et ainsi répondre à toutes vos questions. Il vous suffit de nous écrire ou de nous téléphoner afin de nous indiquer quel jour vous comptez assister à la séance. **L'inscription se fera durant cette séance.**

Séance d'information et inscription :

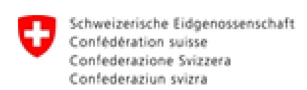
- Mercredi 27 mars 2013 à 18h00, à l'école primaire du Marché-Neuf

- Jeudi 28 mars 2013 à 18h00, à l'école primaire du Marché-Neuf

Contacts

Jessica Botter	jessica.botter@unifr.ch	078 763 14 84
Anne-Julie Vial	anne-julie.vial@unifr.ch	079 509 63 83

13.2 Annexe II : Information écrite





Information à l'attention des parents des sujets de l'étude

La dépense énergétique liée à l'activité physique et à la composition corporelle chez les jeunes

Chers Parents,

1 Participation à l'étude

Votre enfant a été sélectionné pour participer à cette étude comme sujet d'expérience car il se situe dans la tranche d'âge requise (12-14 ans) et il n'est pas atteint d'une maladie grave. Nous recherchons au total 60 adolescents (30 garçons et 30 filles) à cet effet.

2 Objet de l'étude

L'étude porte sur les dépenses énergétiques selon l'activité physique quotidienne et la composition corporelle.

3 Etude clinique : informations générales

Depuis les dernières décennies, on constate un changement au niveau du style de vie et des habitudes alimentaires de la population. Ce phénomène s'observe déjà chez les enfants ainsi que les adolescents. Nous pouvons constater une baisse de l'activité physique quotidienne ainsi qu'un accroissement de la consommation d'une nourriture transformée et souvent riche en calories. Ce genre de changement a un impact considérable sur la santé de la population. On dénombre de plus en plus de cas d'obésité et de problèmes de santé liés au surpoids tels que des maladies cardiovasculaires et le diabète. Afin de pouvoir agir positivement sur ce phénomène, il est nécessaire d'approfondir nos connaissances sur la manière dont les enfants et les adolescents assimilent leur nourriture et surtout comment ils utilisent leur énergie lors d'activités physiques.
La durée de la présente étude est d'une semaine, durée pendant laquelle votre enfant devra porter un petit appareil appelé Actiheart qui permettra de mesurer sa dépense énergétique. Cet appareil mesurera sa fréquence cardiaque ainsi que ses accélérations. Il se porte sur le thorax comme une ceinture. Durant cette semaine, votre enfant devra constamment porter cet appareil et vivre ses activités quotidiennes comme il en a toujours eu l'habitude. L'Actiheart ne gênera en aucun cas ses mouvements.
Sur le plan alimentaire, votre enfant n'aura aucune contrainte. Il pourra manger autant qu'il voudra et ce qu'il voudra pendant cette étude.

Par ailleurs, pour que nous puissions mesurer la composition corporelle et la dépense d'énergie au repos de votre enfant, il devra venir une matinée à Macolin. Le voyage sera organisé par transport public et les frais seront remboursés. Nous mesurerons sa dépense d'énergie au repos par calorimétrie indirecte – un examen pour lequel votre enfant devra être à jeun. Voici en quoi il consistera : votre enfant restera allongé tranquillement sur une table d'examen pendant environ 60 minutes. Durant les 30 dernières minutes, il portera une cagoule ventilée (ill. 3) lui permettant de respirer l'air naturel ambiant. A chaque inspiration, le système mesurera les échanges gazeux de son corps (consommation d'oxygène et production de gaz carbonique), ce qui nous permettra de connaître très précisément sa dépense énergétique au repos. Cette cagoule étant ouverte en bas, il pourra à tout moment l'ôter s'il le désire.

Version du 20.01.13 1 / 4

Pour mesurer les modifications de la composition corporelle de votre enfant, c'est-à-dire du rapport entre masse graisseuse et masse musculaire, nous utiliserons un scanner à rayons X (ill. 1). Le rayonnement de cet appareil est inférieur au rayonnement fossile pendant toute une semaine en Suisse. Pour plus de précisions à ce sujet, nous vous invitons à consulter le document du Swiss Olympic Medical Center de Macolin, ci-joint.

Les appareils de mesure utilisés sont les plus perfectionnés qui existent à l'heure actuelle :









Ill. 1: scanner iDXA **Ill. 2: appareil de mesure Actiheart** **Ill. 3 : calorimétrie indirecte**

Les données que nous aurons réunies nous permettrons de déterminer quelles sont les dépenses en énergie de votre enfant en fonction de son activité physique quotidienne. Nous pourrons également mesurer sa dépense énergétique de base (au repos) et sa composition corporelle.

Cette étude est réalisée conformément à la législation suisse et aux directives reconnues au niveau international. Elle a par ailleurs été approuvée par la Commission d'éthique de Berne.

4 Participation à titre volontaire

Votre participation et celle de votre enfant à cette étude est volontaire et vous pourrez l'interrompre à tout moment sans avoir à vous justifier – auquel cas nous ferons passer un examen médical de clôture à votre enfant à titre de précaution. Quant aux données que nous aurons collectées jusque-là, nous continuerons de les utiliser.

5 Déroulement de l'étude

Pour votre enfant, en tant que sujet, l'étude se déroulera comme suit (tableau 1) :
A son arrivée au laboratoire de Macolin, nous prendrons les mesures suivantes : son poids, sa taille, son stade de développement pubertaire (SDP), son taux métabolique au repos (TMR), sa fréquence cardiaque maximale (FC Max) et sa composition corporelle ; nous calibrerons pour lui un Actiheart (appareil servant à mesurer sa dépense d'énergie). Suite à ces mesures de base, votre enfant portera l'Actiheart durant 7 jours, dans le cadre de sa vie quotidienne.

Périodes	Informations
Jour 1	Mesures de base: poids, taille, SDP, TMR, composition corporelle (iDXA), calibrage Actiheart
Jour 1-7	7 jours actiheart
Jour 7	Retour du matériel

Tableau 1 – Déroulement de l'étude pour les sujets

6 Obligations pour les sujets et l'investigateur:

En tant que participant volontaire à l'étude, vous vous engagez

- à suivre les instructions de votre investigateur et à respecter le programme de l'étude,
- à informer votre investigateur de manière précise des effets indésirables constatés,
- à informer votre investigateur si votre enfant suit un traitement chez un médecin ou s'il prend des médicaments. Sont également considérés comme médicaments toutes les préparations achetées librement, sans ordonnance médicale et/ou les préparations de médecine complémentaire (herbes, plantes, essences homéopathiques et spagyriques, produits thérapeutiques asiatiques, aliments spéciaux et vitamines).

7 Bénéfices pour les sujets d'expérience

Cette étude clinique peut apporter à votre enfant des connaissances sur la physiologie humaine ainsi que sur les bienfaits d'une bonne hygiène de vie sur la santé. Les données sur la composition corporelle pourront parfaitement vous indiquer l'état de santé de votre enfant. Vous pouvez aussi considérer cette étude comme une opportunité et un stimulant pour opter pour une bonne hygiène de vie. De plus, votre participation va permettre de découvrir des nouvelles données scientifiques qui pourront alors être utiles pour la recherche dans le domaine de la santé des enfants et des adolescents.

8 Risques et désagréments

- L'utilisation du Bodyscanner entraîne des émissions radioactives. Cependant, le taux d'irradiation correspond uniquement à celui subi durant un vol de ligne transatlantique ; de plus, la quantité des émissions est moins élevée que celle à laquelle nous sommes naturellement exposés pendant toute une semaine de notre vie quotidienne en Suisse.
- L'Actiheart et la calorimétrie indirecte n'ont pas d'impact sur la santé. Le port de l'Actiheart ne gênera pratiquement pas votre enfant dans ses activités quotidiennes. Pendant la mesure de la dépense énergétique au repos, il peut s'allonger et se détendre.
- La cagoule de l'appareil de calorimétrie indirecte est ouverte vers le bas ; votre enfant peut donc l'ôter à tout moment. Pendant cette mesure, il peut s'allonger et se détendre.

9 Nouvelles découvertes

Le responsable de l'étude vous informera de toutes les nouvelles découvertes susceptibles d'influencer l'utilité ou la sécurité du déroulement de l'étude ainsi que votre déclaration d'accord.

10 Confidentialité des données

L'étude servira d'une part de base pour la rédaction d'un travail de master et, d'autre part, les données récoltées feront l'objet d'une publication internationale. Les données personnelles de votre enfant seront intégrées dans cette étude de manière anonyme. Elles seront utilisées uniquement par des spécialistes dans le but d'une évaluation scientifique. Pendant la durée de l'analyse, les données seront conservées à l'Office fédéral du sport; personne n'y aura accès, hormis les spécialistes chargés de leur évaluation. Les membres des autorités compétentes sont habilités à consulter les données originales dans le cadre d'inspections. Cela s'applique aussi pour la Commission cantonale d'éthique de Berne. La confidentialité des données est strictement garantie pendant toute la durée de l'étude et lors des contrôles susmentionnés. Votre nom ne sera en aucun cas publié dans des rapports ou des publications liés à cette étude.

11 Coûts

Les examens mentionnés dans cette information sont gratuits. Tous les frais de voyage seront remboursés.

12 Interruption involontaire de l'étude

Votre participation peut être interrompue par l'investigateur.

13 Couverture en cas de dommages

L'Office fédéral du sport assume la responsabilité civile pour tous les cas en rapport avec l'étude. Si vous constatez un problème de santé ou d'une autre nature pendant ou après les mesures, veuillez le signaler au responsable de l'étude. Il prendra pour vous les mesures nécessaires.

14 Personnes à contacter

En cas d'incertitude, d'urgence, d'évènement inattendu ou indésirable susceptible de se produire pendant ou après l'étude, vous pouvez contacter à tout moment les personnes suivantes:

Katarina Melzer
Haute école fédérale de sport de Macolin (HEFSM)
Rue principale 247
2532 Macolin
Tél: 0041 32 327 65 08
Courriel: katarina.melzer@baspo.admin.ch

Anne-Julie Vial
Rue des Bouchers 6
1700 Fribourg
Tél: 079 509 63 83
Courriel: anne-julie.vial@unifr.ch

Jessica Botter
Botzet 3
1700 Fribourg
Tél : 078 763 14 84
Courriel : jessica.botter@unifr.ch

13.3 Annexe III : Journal de Bord

ID: Dates:

Journal de Bord:

LUNDI	MARDI	MERCR	JEUDI	VENDR	SAMEDI	DIMAN
Matin:	Matin:	Matin:	Matin:	Matin:	Matin:	Matin:
Après-midi	Après-midi	Après-midi	Après-midi	Après-midi	Après-midi	Après-midi
Soir	Soir	Soir	Soir	Soir	Soir	Soir

13.4 Annexe IV : Déroulement de la semaine

Semaine de mesure

du ………………………. au ……………………. 2013

Actiheart :

- Porter Actiheart tous les jours 24/24
- Waterproof → supporte l'eau (douche, piscine, etc.)
- Changer les électrodes lorsqu'elles commencent à se décoller de la peau
  - ➢ Décrocher Actiheart en appuyant sur le petit bouton
  - ➢ Décoller le patch autocollant
  - ➢ Nettoyer la peau avec une lingette
  - ➢ Coller un nouveau patch au même endroit
  - ➢ Fixer Actiheart en appuyant sur le petit bouton
- Contacter Anne-Julie ou Jessica si besoin d'aide pour changer les patchs
- Attention lors des manipulations de ne pas abimer Actiheart !

Actigraph :

- Porter Actigraph tous les jours
- Enlever Actigraph pour dormir, pour la douche et la piscine
- Porter Actigraph sous les gros vêtements (pull, etc.)

Retour du matériel :

……

Pour toutes questions, remarques ou problèmes :

Botter Jessica Vial Anne-Julie
078 763 14 84 079 509 63 83

13.5 Annexe V : Dossier aux participants

Etude sur les dépenses énergétiques liées à l'activité physique

Dossier personnel

____



Jessica Botter

Anne-Julie Vial

Printemps 2013

Composition corporelle

	Poids (kg)	Masse grasse (kg)	Masse maigre (kg)	Squelette (kg)	% de graisse
Total					
Bras droit					
Bras gauche					
Jambe droite					
Jambe gauche					
Tronc					

Masse grasse et masse maigre

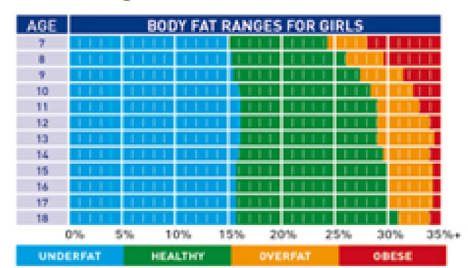
La masse grasse est localisée sous la peau et autour des organes. Le pourcentage de graisse est naturellement plus élevé chez les femmes que chez les hommes car elle sert de réserve d'énergie en cas de grossesse.

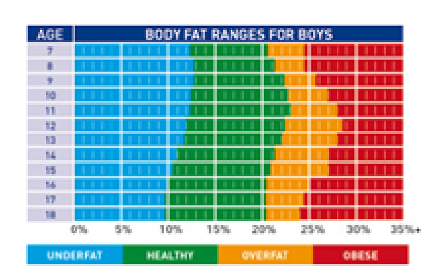
La masse maigre englobe différent composants du corps : peau, organes, os, sang, tendons, muscles. Le pourcentage de masse maigre est plus élevé chez les hommes que chez les femmes. Par comparaison avec une femme de même poids, un homme a besoin de plus d'énergie car la masse maigre utilise plus d'énergie pour fonctionner que la masse grasse.

Pourcentage de graisse

Le graphique suivant te permet de te situer par rapport aux recommandations.

Ton % de graisse = XXX





Poids insuffisant *Sain* *Surpoids* *Obésité*

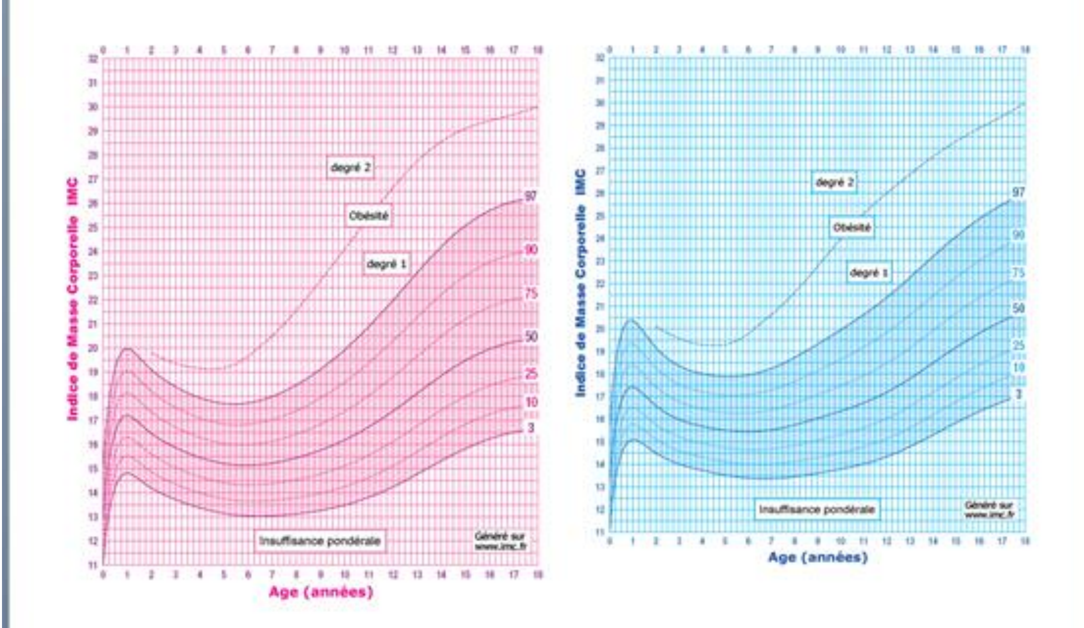
Informations générales

Date de visite	
Nom, prénom	
Date de naissance	
Âge (année)	
Poids (kg)	
Taille (cm)	
IMC	

IMC = index de masse corporelle

Norme internationale adoptée pour déterminer la corpulence d'une personne en fonction de sa taille et de son poids. L'IMC est calculé de la manière suivante : Poids (kg) divisé par la taille (m) au carré. Exemple : 60kg/(1.7m)² = 20.76

Ton IMC = XXX



Pour les filles de 12 ans, l'IMC idéal se trouve entre xx et xx, tu te trouves donc ________________

http://www.imc.fr/enfant-adolescent

Dépense énergétique de repos (métabolisme de base)

Le métabolisme de base correspond à la dépense d'énergie minimum quotidienne permettant à l'organisme de survivre. Il est mesuré au repos complet, à jeun, dans une atmosphère calme et à température constante. Il correspond à l'énergie nécessaire pour maintenir les fonctions de base de l'organisme : rythme cardiaque, température, respiration, etc. Il représente près des deux tiers de la dépense énergétique globale et varie en fonction de la masse des tissus maigres (muscles, foie, cœur, etc.). Il diminue avec l'âge et est plus important chez l'homme que chez la femme.

Le métabolisme de base s'exprime en kcal qui est une unité d'énergie.

Ta dépense énergétique de repos = XXX

Dépense énergétique totale

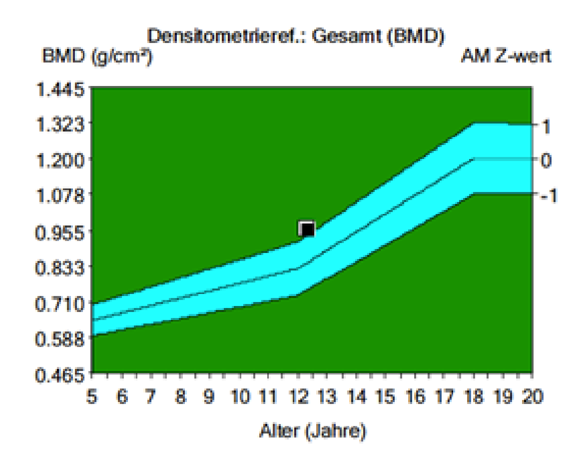
La dépense énergétique totale correspond à l'énergie totale dépensée sur une journée. Cette valeur correspond à la quantité de nourriture en kcal dont tu as besoin chaque jour en moyenne.

Ta dépense énergétique totale = XXX

Densité osseuse

La densité osseuse correspond à la contenance des os en calcium, en d'autres termes, la « solidité » du squelette. La densité osseuse augmente durant la puberté et est influencée par la consommation d'aliments riches en calcium, tels que les produits laitiers. Si la densité osseuse est faible alors le risque de fracture est élevé.

Le graphique suivant te permet de te situer par rapport aux recommandations pour les filles.



Taux d'activité physique

Le taux d'activité physique est une valeur exprimant l'activité physique quotidienne d'un individu.

Ton taux d'activité = XXX

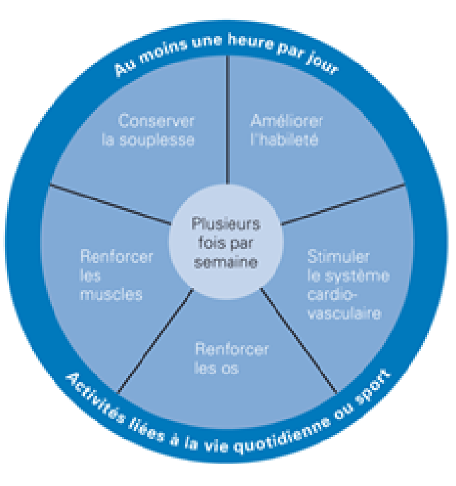
Le tableau ci-dessous te permet de te situer par rapport à ton mode de vie.

Mode de vie	Taux d'activité physique
Extrêmement inactif	< 1.40
Inactif	1.40 – 1.69
Modérément actif	1.70 – 1.99
Vigoureusement actif	2.00 – 2.40
Extrêmement actif	> 2.40

Activité physique et santé des enfants et des adolescents

Il est recommandé, du point de vue de la santé, de bouger chaque jour. D'après l'état actuel des connaissances, les adolescents en fin de scolarité devraient bouger au moins une heure par jour, et les enfants plus jeunes plus encore.

Toute forme d'activité physique est bénéfique; pour des raisons pratiques, il est recommandé d'additionner toutes les activités ayant duré au moins 10 minutes, que ce soit pendant les leçons d'éducation physique et dans le contexte scolaire, ou sur le chemin de l'école, à la maison et pendant les loisirs.



Pour les jeunes, faire de l'activité physique, cela peut être :

- pratiquer tous les jeux de plein air
- participer aux activités ménagères : faire sa chambre, tondre la pelouse, etc.
- se déplacer à pied, à vélo ou en rollers
- encourager la marche à pied pour aller à l'école, promener le chien ou faire des courses
- prendre l'habitude de monter les escaliers à pied au lieu de prendre l'ascenseur

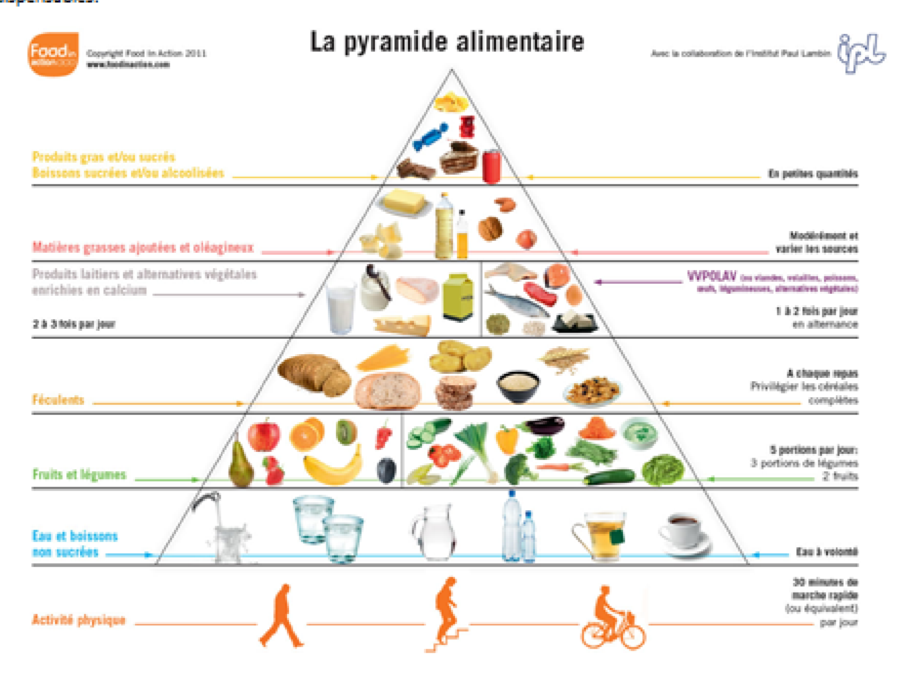
La dépense énergétique pour une même activité est extrêmement variable d'une personne à une autre. Les durées ci-dessous donnent donc simplement une indication :

- Faible (marche lente) : laver la vaisselle, repasser, dépoussiérer, bricoler, arroser le jardin, jouer à la pétanque, au bowling, au tennis de table…le tout pendant 45 minutes.
- Modérée (marche rapide) : laver les vitres ou la voiture, passer l'aspirateur, jardiner, danser, faire du vélo, de l'aérobic, de l'aquagym, du frisbee, du golf, nager…le tout pendant 30 minutes.
- Élevée (marche sportive) : bêcher, déménager, courir, faire du VTT, nager rapidement, sauter à la corde, jouer au basket, au football, au tennis, pratiquer un sport de combat…le tout pendant 20 minutes.

La pyramide alimentaire

Une alimentation alliant plaisir et équilibre est une composante d'un mode de vie sain. Elle fournit à l'organisme l'énergie et les substances nutritives et protectrices indispensables, influence le bien-être physique et mental et aide à prévenir les maladies. Des repas équilibrés et savoureux offrent aussi un temps de plaisir, de repos, de contacts et d'échanges sociaux.

La pyramide alimentaire présente en image une alimentation équilibrée. Les aliments des étages inférieurs sont nécessaires en plus grande quantité, alors que ceux des étages supérieurs suffisent en moindre quantité. Une alimentation saine ne nécessite aucun interdit. Elle résulte simplement de la combinaison des aliments dans une juste proportion. Choisir des aliments variés de chacun des groupes d'aliments et les préparer avec ménagement assure un apport optimal de substances nutritives et protectrices indispensables.



6

Une assiette équilibrée

L'assiette optimale illustre un repas principal (petit déjeuner, repas de midi et du soir) équilibré. Elle présente d'une part les aliments qui composent un repas complet et d'autre part les proportions moyennes dans lesquelles se servir de chacun de ces aliments pour que le repas soit équilibré. Ces proportions ne sont pas à prendre au pied de la lettre, car elles dépendent de la nature des aliments composant le menu, et des besoins individuels, mais elles donnent un ordre de grandeur moyen.



Pour plus d'informations, nous vous conseillons de consulter le site web de la Société Suisse de Nutrition (SSN) à l'adresse suivante : http://www.sge-ssn.ch/fr/toi-et-moi/

Ton conseil personnel d'après ton journal de bord

14 DÉCLARATIONS

14.1 DECLARATION DE L'AUTEUR

Je, sous-signée, certifie avoir réalisé le présent travail de façon autonome, sans aide illicite quelconque. Tout élément emprunté littéralement ou mutatis à des publications ou à des sources inconnues, a été rendu reconnaissable comme tel.

Date Signature :

14.2 DECLARATION DE CESSION DES DROITS D'AUTEUR

Je sous-signée reconnais que le présent travail est une partie constituante de la formation en Sciences du Mouvement et du Sport à l'Université de Fribourg. Je m'engage donc à céder entièrement les droits d'auteur – y compris les droits de publication et autres droits liées à des fins commerciales – à l'Université de Fribourg.

La cession à tiers des droits d'auteur par l'Université est soumise à l'accord de la sous-signée uniquement.

Cet accord ne peut faire l'objet d'aucune rétribution financière.

Date Signature :